

# Beiträge

zur

## Entwicklungsgeschichte der Pflanzen.

Von

***Dr. Theodor Hartig.***

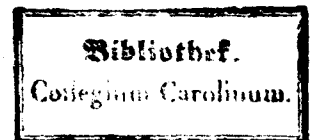
Mit besonderer Beziehung

auf die

vom Professor Dr. M. J. Schleiden in dessen: Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik,  
Bd. II. 1843, gegen meine neueren physiologischen Arbeiten erhobenen Einwendungen.



Mit einer Tafel Abbildungen.



Als Beilage zu des Verfassers Lehrbuch der Pflanzenkunde, so wie zur Befruchtungs-Theorie desselben.

**Berlin,**

b e i A l b e r t F ö r s t n e r .

1843.

...ilbert. galli  
1614



# V o r w o r t.

---

**A**ls ich meine Beobachtungen über Befruchtung der Pflanzen veröffentlichte, mußte ich auf heftigen Widerspruch von Seiten des Herrn Professor Dr. M. J. Schleiden gefaßt sein, dessen Verdienst es ist, zuerst auf die merkwürdige Bildung des Pflanzenkeimes im Innern einer Einstülpung des Fruchtsackes der Eier aufmerksam gemacht zu haben. Ich habe diesen Theil der Schleidenschen Entdeckung nie in Zweifel gestellt, im Gegentheil, S. 3. meiner Theorie der Pflanzenbefruchtung, Braunschweig 1842, ausdrücklich bemerkt, daß ich nicht selten Gestaltungen gesehen habe, die derselben zu entsprechen schienen, glaubte aber der Wissenschaft einen Dienst zu leisten, wenn ich eine Reihe von Thatsachen veröffentlichte, die mit der Ansicht, jener in das Fruchtsäckchen eindringende Schlauch sei die äußerste Spitze des Pollenschlauches, im Widerspruch zu stehen scheinen.

Der erwartete Widerspruch hat dann auch, und zwar im 2. Bande der Grundzüge wissenschaftlicher Botanik, so eben die Presse verlassen; zu meinem nicht geringen Erstaunen aber in einer Weise, deren ich von Herrn Schleiden nicht gewärtig war. Ich erwartete heftigen Widerspruch, ich war sogar auf wenig ansprechende Formen der Entgegnung gefaßt, daß dieselben aber auch jeder Wissenschaftlichkeit fremd sein würden, wie dies die vorliegenden Blätter darthun werden, hat mich überrascht. Statt die von mir bekannt gemachten Thatsachen: das Eingehen des Blumenstaubes in die Haarhöhlen der Glockenblumen, das Eindringen der Pollenschläuche in die Oberhaut und in's Innere der Pflanzenzelle, die Beobachtungen an *Capsella bursa pastoris* und viel Anderes entweder zu widerlegen oder mit seinen Ansichten über Befruchtung in Uebereinstimmung zu bringen, hat derselbe, wie ich nachweisen werde, fast überall die von mir beobachteten Thatsachen seinen Lesern verschwiegen, und für den Fall hin, daß diese einem oder dem anderen derselben dennoch bekannt sein oder werden könnten, auf Nebenwegen die Gründlichkeit und Zuverlässigkeit meiner Beobachtungen zu verdächtigen gesucht.

Es muß allerdings auffallen und gegen meine Beobachtungen einnehmen, daß dieselben in so vielen und gerade in den wesentlichsten, wichtigsten Gegenständen von den Beobachtungen meiner Vorgänger und Zeitgenossen abweichen. Ich höre im Geiste den Einwand, daß dem, was so viele ausgezeichnete und erfahrene Beobachter übereinstimmend als bestehend anerkennen, die Erfahrungen eines Einzelnen, der nicht einmal Botaniker von Fach

sei, nachstehen müßten. Es kann Niemand mehr als ich selbst die großen Verdienste jener Männer um die Wissenschaft anerkennen; aus inniger Ueberzeugung bescheide ich mich, ein besserer oder mehr erfahrener Beobachter zu sein, und bekenne gern, daß die Resultate meiner Beobachtungen vorzugsweise eine Folge abweichenden Verfahrens bei Durchführung derselben, der Herbeiziehung mannigfaltiger bisher nicht oder wenigstens nicht in dem Umfange benutzter Kräfte sei. Die Pilzfaser der Roth- und Weißfäule wirkt für mich auf Trennung und Abscheidung der Organe des Holzes und einzelner Organtheile; infusorielle Thätigkeit scheidet mir das leichter Zersetzbare vom Beständigeren; Säuren \*) und Alkalien, Aether, Alkohol, fette und flüchtige Oele zeigen mir der oft versteckten Bildungen Form, Zusammenhang und Trennung durch Veränderungen, die sie in den räumlichen Verhältnissen hervorrufen, durch chemische Umwandlungen und durch Auflösung die klare Anschauung hindernder Stoffe. Wärme und Jod sind mir Färbungsmittel; gefärbte Niederschläge aus chemischen Lösungsmitteln zeigen mir, was Oeffnung sei, was verschlossen.

Man hat diese Hilfsmittel gewaltsam genannt und mir ihre Anwendung zum Vorwurf gemacht. Ist denn der Stahl des anatomischen Messers weniger gewaltsam als die langsam lösende Schwefelsäure, deren Kraft die Organe nicht zerreißt, nicht aus ihrer natürlichen Lage und Form bringt? Ich erkenne sehr wohl das Verwerfliche der Säuren und Alkalien bei einer einzelnen Beobachtung, ich weiß, daß sie in der Hand des Unerfahrenen aller richtigen Erkenntniß entgegenwirken; wenn aber ein Beobachter durch vieljähriges eifriges Forschen sich eine genaue Kenntniß vom natürlichen, unveränderten Zustande eines Körpers erworben hat, wenn er sich in ihm heimisch fühlt, dann kann Erforschung der, unter Einwirkung der verschiedenartigsten Agentien erfolgenden Veränderungen nur fördernd auf Erkenntniß der Beschaffenheiten und Eigenschaften des Objekts der Untersuchung wirken. Auch unter diesen Verhältnissen die Herbeiziehung solcher Kräfte verwerfen, hiefse allen chemischen Analysen den Stab brechen.

Wird unter solchen Umständen die Zulässigkeit sogenannter gewaltsamer Mittel bei anatomischen Untersuchungen anerkannt, so darf ich wohl hoffen, daß die Resultate meiner Beobachtungen nicht ungeprüft verworfen werden, da zwölfjährige eifrige, allerdings vorzugsweise den mir als Forstmann wichtigeren Ingestions- und Assimilationsorganen unserer Waldbäume zugewendete Arbeit mich berechtigt, die Anerkennung der nöthigen Erfahrungen in Anspruch zu nehmen.

Ein anderer von Herrn Schleiden erhobener allgemeiner Vorwurf betrifft die von mir als Erläuterung meiner Ansichten gegebenen bildlichen Darstellungen. Es tadelt derselbe, daß ich die Gegenstände nicht genau so zeichne, wie sie sich unter dem Mikroskope zeigen. Die Behauptung ist in so weit richtig, als ich an Stelle des bei phytotomischen Darstellungen bisher allgemein gebräuchlichen Linienzeichnens, wo es mir zweckmäßig und

---

\*) Meine schönsten Beobachtungen der neuesten Zeit verdanke ich dem Zufall, der mich den richtigen Verdünnungsgrad der bei chemisch-anatomischen Untersuchungen zu verwendenden Schwefelsäure finden ließ, einen Verdünnungsgrad, der diejenigen räumlichen und chemischen Veränderungen hervorruft, welche unter Mitwirkung von Jod die Verschiedenartigkeit der Schichtungen erkennen läßt, ohne zu zerstören. Es ist dies ein Gemenge von 68 Proc. Säurehydrat =  $55\frac{1}{2}$  Proc. Säure mit Wasser oder 5 Gewichttheile englische Schwefelsäure auf 2 Gewichttheile Wasser =  $5\frac{1}{2}$  Volumtheile Schwefelsäure auf 4 Volumen Wasser. Sie wird angewendet auf die mit Jodlösung in Alkohol eingeweichten Objekte, nach deren vollständiger Wiederaustrocknung.

ausführbar erscheint, Flächen und Körperzeichnung in Anwendung bringe und auch hinfort ausführen werde. Ich gebe gern zu, daß es besser, ja sogar nothwendig sei, bei anatomischen Darstellungen genau die Striche und deren Krümmungen, die Risse, Falten und Blasen zu zeichnen, so lange der Beobachter noch keine klare Erkenntniß des Gegenstandes der Untersuchung sich erworben hat, so lange er nicht weiß, ob die Falte, ob die Oeffnung zum Wesen des Gegenstandes gehöre oder nicht. Der erste Entdecker eines verkrüppelten Thieres oder einer monströsen Pflanze muß sie getreu dem Befunde nach darstellen; wir würden es aber lächerlich finden, wenn in einem naturhistorischen Werke das Schaaf schwanzlos abgebildet wäre. Fühlt sich der Beobachter nach Jahre lang fortgesetzter Forschung mit dem untersuchten Gegenstande vertraut, vermag er sich in die Zelle hinein zu denken, dann fallen alle möglichen Nachtheile des freien Körperzeichnens weg und dem großen Vortheile desselben steht nichts mehr entgegen.

Daß die körperliche Darstellung eines Gegenstandes instruktiver sei als das Linienbild, versteht sich von selbst. Die Phytotomen haben sich eine Chifferschrift in ihren Darstellungen gebildet, sie wissen, daß ein Kreis eine Zelle, zwei parallel nebeneinander verlaufende Linien eine Faser, daß zwei concentrische Kreise im Innern eines größeren Kreises oder zwischen zwei parallelen Linien einen Tüpfel in der Wand der Zelle oder der Faser bedeutet; für jeden Nichteingeweihten sind das Hieroglyphen. Wir arbeiten aber doch nicht ausschließlich für den kleinen Kreis unserer Mitarbeiter in der Phytomie!

Aber nicht allein auf den Anschauenden beschränkt sich der Nutzen körperlicher Darstellung des Objekts der Beobachtung; eben so wichtig ist die Wirkung desselben auf den Beobachter selbst. Um einen dem Auge körperlich nicht erkennbaren Gegenstand körperlich darzustellen, muß sich der Zeichner denselben in jeder Richtung versinnlichen; durch die Darstellung selbst wird er auf die Lücken in seiner Erkenntniß aufmerksam, zu ergänzenden Beobachtungen und zu neuen Entdeckungen geleitet. Das körperliche Zeichnen ist der trefflichste Wegweiser bei anatomischen Untersuchungen.

Endlich möchte ich noch die Frage stellen, ob das bisher übliche Zeichnen in Umrissen wirklich vor Irrungen schütze? Die Erfahrung bestätigt das keinesweges. Alle Phytotomen seit Erfindung des Mikroskopes haben die Holzfasern durch eine einfache Linie von einander getrennt (Fig. 1.), die am ausgebildeten Organe nirgend vorhanden ist (Fig. 2.). Die innere Begrenzung des Lumen der Zelle durch eine abgesonderte Haut zeigt sich in fast allen dickwandigen Organen aufs Bestimmteste, dennoch wurde sie, wenn auch gesehen, doch nicht erkannt, und daher nicht abgebildet. Ueberall, die Darstellung mag körperlich oder in Umrissen ausgeführt sein, giebt der Zeichner nur das wieder, was sein Auge erkannt hat.

Herr Schleiden wirft mir ferner vor, daß ich mich zu wenig mit der Entwicklung der Organismen und ihrer Einzeltheile beschäftigt, dieselben nicht in ihren frühesten Zuständen beobachtet habe. Daß mich dieser Vorwurf nicht trifft, davon, hoffe ich, sollen die Contenta dieser Abhandlung den Beweis liefern. Doch gestehe ich gern, daß ich auf das Studium der frühesten Zustände, so große Bedeutung dasselbe für die Entwicklungsgeschichte des Individuums im weiteren Sinne und ganzer Organsysteme hat, nicht so großen Werth lege als Herr Schleiden, wo es sich um Erforschung der Natur einzelner Elementarorgane handelt, und zwar auf Grund der Ueberzeugung, daß für die Beobachtung des frühesten

Zustandes der Theile eines Einzelorgans unsere optischen Hilfsmittel noch nicht scharf genug sind, um so sichere Resultate als aus der Betrachtung eines fertigen Organs herleiten zu können.

Ich habe in diesen Blättern, deren Zweck es ist, die von Herrn Schleiden nicht allein gegen meine Ansichten über Refruchtung der Pflanzen, sondern auch gegen meine, im 4. Hefte des Lehrbuches der Pflanzenkunde (Berlin 1842, Förstner), niedergelegten Beobachtungen über Epidermoidalsystem und Zellenbildung der Pflanzen erhobenen Einwendungen gründlich zu widerlegen, streng den Ton wissenschaftlicher Erörterungen eingehalten. Ebenso Freund literarischen Zweigesprächs wie Feind literarischen Gezänkes, werde ich mich freuen, wenn Herr Schleiden es über sich gewinnen kann, in diesen Ton einzugehen, und mit Vergnügen den Austausch individueller Ansichten fortsetzen. In der von Herrn Schleiden begonnenen Weise mag und vermag ich die Verhandlungen nicht fortsetzen.

Die verschiedenen wesentlichen Gegenstände, über welche Herr Schleiden den meinen entgegengesetzte Ansichten ausgesprochen oder angedeutet hat, werde ich im Nachfolgenden, jeden in einem besonderen Abschnitte, zur Erörterung bringen.

Braunschweig, den 1. Juli 1843.

*Dr. Th. Hartig.*

## Erster Abschnitt.

---

### Die Bildung der einzelnen Zelle und der Oberhaut der Pflanzen betreffend.

**Z**uerst in meiner Theorie der Pflanzenbefruchtung, später im vierten Hefte meines Lehrbuches der Pflanzenkunde habe ich gezeigt, daß die Pflanzenzelle ein zusammengesetzteres Organ sei, als die bisherigen Beobachtungen dies nachweisen. Ich habe auf das Vorhandensein einer inneren, das Lumen der Zelle begrenzenden Haut und auf einen allen jungen Pflanzentheilen gemeinschaftlichen äußeren Ueberzug aufmerksam gemacht.

Herr Schleiden bestreitet den zusammengesetzten Bau der Zellhäute; er hält dieselben für eine homogene, durch schichtenweise vom Lumen der Zelle aus erfolgende Ablagerungen sich verdickende Substanz (Membranenstoff, vegetabilischer Faserstoff, Holzfaser; vgl. Grundzüge der w. B. Bd. 1. pag. 176). Es meint derselbe, das was ich gesehen und für eine innere Haut gehalten habe, sei theils coagulirter Zelleninhalt — an den Narbenhaaren — theils sei es die von harzigen und wachsartigen Stoffen imprägnirte innerste Ablagerungsschicht, die durch jene Stoffe in Säuren und Alkalien unlöslicher werde als die tiefer liegenden Ablagerungsschichten es sind.

Es bestreitet Herr Schleiden ferner das Vorhandensein einer gesonderten nicht zelligen Aufsenhaut — *cuticula* — und hält das was ich dafür angesehen für einen nachträglich von den Umfangszellen secernirten, auf deren Aufsenfläche sich ablagernden erhärtenden Stoff.

Auf diese abweichenden Meinungen, die nicht individuell, sondern dem zur Zeit in der Wissenschaft Bestehenden gleichlautend sind, basirt Herr Schleiden die Widerlegung oder vielmehr Beseitigung meiner Beobachtungen über das Eindringen der Pollenschläuche in die Narbenhaare und in die Oberhaut der Narbe und des Griffels.

Der Beweis des Vorhandenseins einer Innenhaut jeder Zelle und einer gemeinschaftlichen Cuticula als selbstständiger Ueberzug der äußersten Zellenschicht wird daher, abgesehen davon, daß er eine, bei jeder physiologischen Betrachtung einflußreiche Cardinalfrage erörtert, zugleich die von Herrn Schleiden gegen diesen Theil meiner Ansichten über Befruchtung der Pflanzen erhobenen Einwürfe beseitigen, und verdient daher jeder anderen Erörterung vorangestellt zu werden.

Nach der herrschenden Ansicht besteht die Pflanzenzelle aus einer äußeren Haut Fig. 1 a. und aus, der inneren Wand derselben im Verlauf des Zellenlebens sich allmählig ablagernden Verdickungsschichten Fig. 1 b. Durch Absonderung nach Aufsen füllen sich die Räume zwischen den einzelnen Zellen Fig. 1 d. mit der sogenannten Intercellular-Substanz Fig. 1 e. Letztere ergießt sich auch über die Oberfläche der Aufsenzellen und erhärtet dort zu dem was ich Oberhaut nenne; Fig. 1 h.

Demgemäß müßte jede einzelne Zelle von der Nachbarzelle durch eine einzige scharfe Trennungslinie Fig. 1 f. geschieden, das Lumen der Zelle gleichfalls nur durch eine Linie begrenzt sein, Fig. 1 g., und wirk-



lich stellen diejenigen anatomischen Abbildungen, welche sich auf den Bau der Zellenwandung beziehen, dieselben so dar wie Fig. 1 nachweist. (Vgl. Mohl über Struktur oder Pflanzensubstanz Tübingen 1836 T. 2. Fig. 10.)

Hiervon weichen nun meine Beobachtungen wesentlich und zwar in Folgendem ab:

Die Zellenwandung besteht aus drei von einander verschiedenen Gebilden, aus einer äusseren Schicht Fig. 2 aa., die aber da wo sich zwei Nachbarzellen berühren beiden gemeinschaftlich angehört; aus einer das Lumen der Zelle begrenzenden Innenhaut Fig. 2 cc. und endlich aus einer zwischen beiden abgelagerten Zwischensubstanz Fig. 2 bb. Erstere ist die ursprüngliche Zellhaut der Botaniker Fig. 1 a. Wenn dieselben an Holz- und Bastfasern hier überall eine mittlere Trennungslinie zeichnen und dadurch einer jeden von zwei benachbarten Zellen ihre eigene Portion dieser Zwischensubstanz zutheilen, so mag der Irrthum einestheils aus der Betrachtung nicht hinlänglich dünner Objekte, andernteils aus der, der Entwicklungsgeschichte abgeleiteten, Ansicht entsprungen sein, daß eine solche innere Grenzlinie (Fig. 1 f.) da sein müsse; und in der That, wenn man annimmt, daß diese äusserste Schichtung die primitive Zellenhaut sei, so bleibt nichts übrig, als ihr Vorhandensein oder ihr nachträgliches Verschmelzen anzunehmen. In Bezug auf das Nichterkennbare einer mittleren Trennungslinie an jeder fertigen dickwandigen Zelle wende ich mich an alle unparteiischen Beobachter und bitte sie, mit den schärfsten Rasirmessern dem Marke älterer Triebe von *Taxodium distichum*, dem Holzkörper aller Nadel- oder Laubbölzer, am besten aber von *Taxus*, *Pinus*, *Quercus* etc., dem Epidermoidalsysteme der Nadelhölzer, der *Aloe*, *Agave* etc. entnommene äußerst zarte Querschnitte, an den Rändern, mit mindestens 300maliger Linear-Vergrößerung zu betrachten, um sich von der Wahrheit meiner Angabe auf das Bestimmteste zu überzeugen. In Bezug auf die Nothwendigkeit des wenigstens ursprünglichen Vorhandenseins dieser mittleren Trennungslinie bemerke ich, daß sie für mich nicht mehr besteht, seit ich die innerste Zellenhaut für das primitive Gebilde erkannt habe; eine Erkenntnis, in der sich, wie ich zeigen werde, alles bisher Problematische im Bau des einzelnen Elementarorganes, Ursprung und Entstehung der Spirale, des Tüpfels etc. aufs Vollkommenste auflöst. Man wird auf sie schon durch die einfache und nahe liegende Betrachtung hingeleitet, daß gesunde lebensthätige Assimilations-Organen, sofern sie nicht für andere Bildungen und andere Zeiten zu reservirende Stoffe in sich vorübergehend niederlegen, die Produkte ihrer Thätigkeit stets nach Ausfen abscheiden.

Was nun diese innerste Haut betrifft, so wird ihr Vorhandensein noch überall in Abrede gestellt. Gewiss hat jeder minutiöse Beobachter dieselbe gesehen, aber sie ist unbemerkt geblieben, wie die Fliege auf der Schrift vom eifrigen Leser gesehen aber nicht bemerkt wird; das ist leicht begreiflich und zu entschuldigen, wie aber ein scharfsichtiger Beobachter, wenn er auf die Fliege aufmerksam gemacht wird, diese nicht erkennen kann, ist mir unerklärlich.

Herr Schleiden hält die Innenhaut theils für in Säuren etc. coagulirten Zelleninhalt, theils für die innerste der Ablagerungsschichten, unterschieden von den tieferen Ablagerungsschichten dadurch, daß sie von den im Inneren der Zelle befindlichen harzigen, wachsartigen etc. Stoffen imprägnirt sei, woraus sich ihre geringere Löslichkeit in Säuren etc. erkläre. Hätte Herr Schleiden diesen Entwurf reiflich erwogen, so würde ihm eingefallen sein, daß nach seiner eigenen Theorie jede der angenommenen Ablagerungsschichten einmal die innerste gewesen sei, und daß daher alle Ablagerungsschichten in gleichem Maasse von jenen Secreten durchdrungen sein müßten.

Die Frage, ob eine Innenhaut als gesondertes Organ vorhanden sei oder nicht, ist von so großer Wichtigkeit für die physiologische Betrachtung der Pflanzen, daß es nothwendig wird, die bestätigenden Gründe ausführlich zu entwickeln.

Die Ptychode, so nenne ich die innerste häutige Begrenzung des Zellenraumes, aus weiter unten mitzu- theilenden Gründen, ist in sehr vielen Fällen an feinen Querschnitten ohne Weiteres mit dem ersten Blick zu erkennen; so an den Markzellen älterer Triebe von *Taxodium distichum*, Fig. 12, 13, 14 m., n., o., an den Holzfasern aller Nadelhölzer Fig. 3 c., besonders solcher mit hartem Holze (*Taxus*, *Cupressus*), und in den letzten dickwandigen Faserschichten jeder Jahreslage. Auf den ersten Blick erkennt man sie in den dickwandigen Lebenssaftgefäßen fleischiger Euphorbien, z. B. *Euphorbia caput Medusae*, wenn man zur Auflösung und Hinwegschaftung des Lebenssaftes sehr zarte Querschnitte eine halbe Stunde in Terpenthinöl legt und sie

dann mit dem Oel noch bedeckt unter einer mindestens 300maligen Vergrößerung beobachtet. Fig. 5 habe ich einen solchen Querschnitt abgebildet. Die stark gefaltete innere Haut löst sich örtlich ab und zeigt sich dann, wie bei Fig. 5 c. dargestellt ist. Immer noch deutlich genug zeigt sie sich auch an den Holzfasern und Holzlöhren der Laubhölzer (*Quercus Fagus*). Ihr Vorkommen an den dickwandigen Rinde- und den Epidermoidal-Zellen habe ich Taf. 30, 31, 45 meines Lehrbuches der Pflanzenkunde nachgewiesen.

Weit bestimmter wird man die Ptychode überall erkennen, wenn man bei der Untersuchung chemische Reagentien in Anwendung bringt. Eine verdünnte Schwefelsäure von 4 Volum. Wasser auf 5½ Volum. rauchender Schwefelsäure und Jodauflösung in Alkohol sind die wichtigsten Mittel der Untersuchung. Erstere dient dazu, um in den sogenannten Ablagerungsschichten, (einem Zellentheile, den ich wegen der Unbeständigkeit seiner räumlichen Verhältnisse und wegen seines Verhaltens zum Wasser, zu Säuren und Alkalien im Gegensatze zu der äußersten Ablagerungsschicht [ursprüngliche Zellhaut der Physiologen] Astathe nennen werde), sowohl räumliche als chemische Veränderungen hervorzurufen; letztere dient dazu, jene Veränderungen erkennbar zu machen und die Verschiedenheit der Astathe von den sie begrenzenden Schichtungen hervorzuheben. Dies geschieht nun in folgender Weise:

Man lege die zu untersuchenden möglichst zarten Längs- oder Querschnitte einige Minuten in eine sehr verdünnte Lösung von Jod in Alkohol, bringe sie darauf auf eine Glasplatte, lasse sie dort austrocknen, jedoch nicht zu lange Zeit offen stehen, damit das imprägnirte Jod sich nicht wieder verflüchtigt, bedecke sie mit einer dünnen Glastafel und lasse zwischen die Tafeln einige Tropfen der verdünnten Schwefelsäure einziehen. Es ist dies besser, als wenn man die Schwefelsäure auf das unbedeckte Objekt giebt, weil zwischen Glasplatten die Säure in geringeren Portionen und langsamer zum Objekte tritt, woraus der Vortheil entspringt, die langsam erfolgenden Veränderungen unter dem Mikroskope von Stufe zu Stufe verfolgen zu können. Auch zeigen sich die der eindringenden Schwefelsäure entfernteren Theile des Objekts gleichzeitig in geringerem Grade angegriffen als die näher liegenden, so daß man an einem und demselben Objekte alle Stufen der erfolgenden Veränderung betrachten kann, während am unbedeckten Objekte die darauf gegebene Schwefelsäure viel rascher und auf das ganze Objekt gleichmäÙig einwirkt.

Die auf diese Weise sich zu erkennen gebenden Veränderungen sind nun im Wesentlichen folgende: Die Astathe, Fig. 1, 2 bb., quillt auf und erweitert sich sehr bedeutend (durch Anwendung concentrirter Säure wird sie gänzlich aufgelöst). In Folge dieser Volumerweiterung wird entweder die äußere Umhüllung, die sogenannte ursprüngliche Zellhaut, Fig. 1 aa., die ich wegen ihrer Unveränderlichkeit Eustathe nennen werde, zersprengt, oder, wenn diese zu viel Widerstand leistet und die Volumerweiterung allein nach dem Inneren der Zelle erfolgen muß, die Ptychode nach der Axe der Zelle hin, wie ein weiter Schlauch in einer engen Röhre faltig zusammengedrängt, nach Maafs der erfolgten Expansion bis zur gänzlichen Ausfüllung des inneren Raumes, Fig. 6.

Die beschriebene Erscheinung erfolgt auch dann, wenn die Objekte lange mit Terpenthinöl und Alkohol zur Entfernung aller harzigen und wachsartigen Stoffe behandelt wurden.

Wäre die Ptychode nicht, wie schon der Augenschein lehrt, eine gesonderte, sogar chemisch von der Astathe verschiedene Haut, so müßte die natürliche wie die durch Schwefelsäure bewirkte Volumerweiterung derselben nach dem Innern der Zelle hin gleichmäÙig vorschreiten, während die Erscheinung aufs Klarste beweist, daß die Ptychode durch Schwefelsäure in ihren räumlichen Verhältnissen nicht verändert wird, während dies mit der Astathe in so hohem Maafse der Fall ist, womit allein schon die Selbstständigkeit beider erwiesen ist.

Daß diese Compression der Ptychode durch die sich verdickende Astathe nicht schon früher die Aufmerksamkeit der Beobachter auf sich zog und zur Entdeckung ersterer hinleitete, läßt sich allein aus der Wechselung der Compressionsfalten mit den Tüpfelkanälen erklären. Daß beide sehr von einander verschieden sind, davon kann man sich am bestimmtesten durch Betrachtung des mit Säure und Jod behandelten Querschnittes aus jedem Nadelholze überzeugen, wo sich stets eine Menge Compressionsfalten zeigen (Fig. 6 cc.), während an zarten Querschnitten nur ein, sehr selten zwei Tüpfel (Fig. 6 f.) in den Schnitt fallen.

Aber auch noch auf anderem Wege läßt sich die Selbstständigkeit der Ptychode auf bündigste beweisen. Es färbt sich nämlich die mit Iod imprägnirte Astathe durch Schwefelsäure von bezeichneter Concentra-

tion schön und lebhaft blau, während die dicht daneben liegende Ptychode eine gelbbraune Farbe erhält. Am bestimmtesten kann man sich davon an feinen Längenschnitten (am besten an Cordenschnitten) aus dem Holze von *Taxus baccata* überzeugen, wo man dann auch zugleich erkennen wird, daß es allein theils ring-, theils spiralförmig in der Ptychode verlaufende Hautfalten sind, welche hier den spiraligen Bau der Holzfaser erzeugen (Fig. 7), daher der Name Faltenhaut (Ptychode). Hat man sich hier zuerst eine richtige und klare Ansicht der Sache verschafft, so wird man auch an den Holzfäsern und Holzlöhren anderer Nadel- und Laubhölzer dieselbe Bildung mit Leichtigkeit wieder erkennen.

Der Entdeckung dieser innersten Haut und ihrer spiraligen oder ringförmigen Faltung so wie des Eingehens derselben in die Tipfelkanäle, vereint mit dem Gedanken, daß sie und nicht die Eustathe die primitive Zellhaut sei, verdanke ich eine Reihe der überraschendsten Aufschlüsse über den Bau der Pflanzenzelle in ihren verschiedenartigsten Gestaltungen, die wiederum als die trefflichste Bestätigung der ursprünglichen Beobachtung dastehen.

Der nachstehende

### Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenzelle

macht keinen Anspruch auf Vollständigkeit, da alles dem vorliegenden Zwecke (Beweis des Vorhandenseins einer Innenhaut und einer Cuticula) Unwesentliche außer Acht gelassen wurde. Er ist nicht frei von Hypothetischem, die Annahmen stehen aber keiner nicht ebenfalls hypothetischen Ansicht, keiner begründeten Thatsache entgegen und erklären eine Menge von Erscheinungen die bisher Probleme der Pflanzenphysiologie waren.

Die Zelle entsteht im Inneren einer Mutterzelle (ob außerdem noch Zellenbildung durch Abschnürung oder im Interzellularraume bestehe, mag hier unerörtert bleiben). Ich unterscheide vier Stadien des Zellenlebens: die der Zellenmehrung, der Zellenfestigung, die Splint-Periode und die Verholzungs-Periode, in deren beiden ersten, den Perioden der Zellenmehrung und der Zellenfestigung, die Zelle für sich selbst wirkt, während sie in den beiden letzten Perioden für andere Gebilde und andere Zeiten thätig ist (vgl. über Vegetationsperioden der Waldbäume; in meinen Jahresberichten IV. 1839. Berlin, bei Förstner). Die erste dieser Perioden ist die der Zellenmehrung, der Bildung neuer Zellen im Innern der vorgebildeten Zelle, Fig. 26, 27. Alle Zellen, die zu Mutterzellen werden, mit Ausnahme der ersten, äußersten, schreiten in ihrer eigenen Entwicklung nicht weiter vor, sondern lösen sich auf, zur Selbstständigkeit ihrer Nachkommenschaft. Nur die ursprüngliche Mutterzelle — Urzelle, mit der Atmosphäre in unmittelbarer Berührung stehend, erhält sich lebendig und in sich selbst durch Intussusception fortwachsend als äußerste Hülle ihrer Nachkommenschaft.

Nach Entwicklung einer Reihe von Zellengenerationen im Inneren der Urzelle erlischt örtlich — zunächst dem Mittelpunkte des pflanzlichen Individuums, die Zellenerzeugungsfähigkeit der Zellen; sie dauert fort im Umfange der Pflanze, besonders energisch an den beiden Polen einer Längsachse, und vermittelt bei den meisten Gewächsen das Uebergewicht der Entwicklung nach zwei sich entgegengesetzten Richtungen.

Nur diejenigen Zellen, bei denen die Zellenerzeugungsfähigkeit geschwunden ist, gehen in die zweite Periode des Zellenlebens, in die der Zellenfestigung ein.

Die Periode der Zellenfestigung zeigt im Wesentlichen folgende Erscheinungen und Resultate:

Die ursprünglich einfachen Häute benachbarter Zellen (Ptychode<sup>\*)</sup>) liegen, zu Anfang der Festigungsperiode, bis auf die noch vorhandenen Interzellular-Räume unmittelbar und dicht an einander Fig. 9. Schon jetzt erfolgt eine Verbindung der sich berührenden Zellenwände, nicht in der ganzen Berührungsfläche derselben, sondern beschränkt auf mehr oder weniger, größere oder kleinere, rundliche, sechsseitige oder streifenförmige Flächen. Diese Vereinigungsflächen zeigen sich stets in eine, die Zellenwandung durchlaufende, enger oder weiter gewundene, mehr oder weniger unterbrochene Spirale geordnet.

Auf welcher Ursache die spiralige Anordnung der Vereinigungsstellen beruhe, ob vielleicht auf Saftströmungen im Umfange der noch in der Mutterzelle eingeschlossenen jugendlichen Zelle, ob und welche Funktion dem Cytoblast und dessen Auflösung hierbei und bei den nachfolgenden Veränderungen zuzuschreiben sei, das zu erforschen bleibt der Zukunft und vollkommeneren optischen Hilfsmitteln vorbehalten.

<sup>\*)</sup> Auf allen Figuren der beigegebenen Tafel mit c bezeichnet.

Nach erfolgter Vereinigung der Ptychoden beginnt die Wirksamkeit der Zelle nach Außen in Abscheidung von Stoffen, die sich im Umfange einer jeden Zelle zwischen den benachbarten Zellwänden ablagernd. Man kann dies am besten in den Saftschichten der Hölzer, besonders der Euphorbiaceen während der Zeit lebhaften Wuchses beobachten. Die ersten Absonderungen der in ihre Festigungsperiode eintretenden Zelle sind Gase, die von den Interellular-Räumen aus zwischen die aneinanderliegenden Zellwände treten und diese bis auf die Vereinigungsflächen trennen. In dem dadurch entstandenen Raume sammelt sich nun sehr bald eine die Wände der Räume überziehende Feuchtigkeit, die schon jetzt unter Einwirkung von Schwefelsäure und Jod eine bläuliche Färbung erhält, nicht selten einen tiefblauen Niederschlag erkennen lässt. Da die späteren Tipfelstellen meist in größerer Verbreitung vereint und vom Ablagerungsstoffe frei bleiben, so erscheinen jetzt auf radialen Längenschnitten die Vereinigungsflächen wie kleine aus einer Flüssigkeit hervortretende Inseln, oder wie kleine Zellen, die allmählig untereinander zu den Zellen normaler Größe und Form verschmelzen. So habe ich vor acht Jahren die Sache in meinen Jahresberichten I. 1. Tab. 1, Fig. 21, 22 dargestellt. An der gegebenen Abbildung ist nichts zu ändern, wohl aber das Gesagte dahin zu berichtigen, dass das, was ich für kleine im Interellular-Raume erzeugte, allmählig zu größeren Zellen zusammentretende Zellchen hielt, nichts Anderes ist als die Vereinigungsflächen benachbarter Zellwände, die durch fortschreitende Astathe-Bildung und in Folge dessen verschwindenden Interellular-Raum allmählig zusammen zu fließen scheinen.

Die von den ursprünglichen einfachen Zellhäuten abgesonderte Feuchtigkeit verdrängt die früher abgeschiedenen Gase bis auf die Interellular-Räume und erstarrt im Umfange einer jeden Zelle zu einer leicht veränderlichen, im Wasser aufquellenden, austrocknend zusammenschrumpfenden, durch Säuren in die Natur des Stärkemehls übergehenden Substanz, zu dem was ich Astathe genannt habe (Fig. 10 b.). Da wo diese Ablagerung sehr mächtig und entweder gar nicht oder kaum merkbar durch Eustathe-Bildung getrennt ist, wie z. B. in denjenigen Rindeschichten der meisten Hölzer, die den Korkzellen zunächst liegen, da scheint es, wenn man die innerste, das Lumen jeder einzelnen Höhle bekleidende, allerdings sehr zarte Zellhaut übersieht, als wenn das ganze Zellgewebe aus blasigen Räumen in einer homogenen Teigmasse bestehe. Dies ist Schleiden's Collenchym \*), Mirbel's sulzige Masse, zum Theil Mohl's Intercellularsubstanz.

Gewöhnlich bald nach dem Auftreten der ersten Astathe-Schichten, meist lange vor der vollständigen Ausbildung letzterer, bildet sich auf der Grenze der Astathe-Ablagerungen je zweier benachbarter Zellwände ein gemeinschaftlicher ineinander geflossener Zwischenkitt durchaus abweichenden Bestandes und Verhaltens Fig. 11 a., das, was man bisher für die ursprüngliche Zellhaut hielt, was ich Eustathe nenne, wegen ihrer im Gegensatze zur Astathe hervortretenden Unveränderlichkeit in Wasser, Säuren und Alkalien. Im Holzkörper und in den Bastbündeln ist die Herausbildung dieser äußersten Ablagerungsschicht durchaus normal und allgemein; im Parenchym der Rinde und des Markes hingegen in vielen Fällen auf die Außenfläche der mit der Luft der Zellgewebslücken in Berührung stehenden Zellen beschränkt (Fig. 8 cc.). Recht instruktiv sind in dieser Hinsicht zarte Querschnitte junger kräftig wachsender Triebe von *Viburnum lantana*. Es zeigt sich hier die Eustathe häufig auch zwischen den Rindezellen der Bildungsschicht, aber nicht im ganzen Umfange jeder einzelnen Zelle, sondern nur auf den dem Mark und der Epidermis zugewendeten Seiten fortlaufend durch ganze Zellenreihen entwickelt, während an den Seiten des Radius die Astathe der, einer und derselben peripherischen Zellenreihe angehörenden, Zellen sich unmittelbar berühren. Ich werde im 8. Hefte des Lehrbuches der Pflanzenkunde die erläuternden Abbildungen liefern. Es ist mir jetzt klar geworden, dass das System von Intercellulargefäßen, welches ich Tab. 31 im 4. Hefte des Lehrb. d. Pflk. dargestellt habe, einer solchen partiellen Eustathe-Bildung sein Entstehen verdankt.

Die Eustathe-Substanz füllt theilweise auch die durch comprimirte gasförmige Produkte des Zellenlebens entstandenen Interellular-Räume aus (Fig. 2 m.), die selten im Holze, häufiger in den Bastbündeln und im Parenchym stets offen bleiben (Fig. 2, 12 d.) in einzelnen Fällen sich mit einer der Eustathe sehr nahe verwandten Substanz erfüllen (Fig. 2, 12 e.) deren wahrscheinlich nachträgliche Absonderung mitunter eigenthümliche gefäßartige Bildungen hervorruft (Fig. 12 f., g.).

\*) Herr Schleiden glaubt auf diese Rindenschicht und deren abweichenden Bau zuerst und zwar in seiner Arbeit über die Cacteen aufmerksam gemacht zu haben, allein ich habe sie schon 1837 unter dem Namen: Bildungsschicht der Rinde beschrieben und abgebildet (Jahresbericht 1837. I. 1. p. 153. Tab. 1, Fig. 13 b., c.).

Ich habe bereits erwähnt, daß die Ptychode benachbarter Zellen, als ursprüngliche einfache Zellhäute, in frühester Jugend des Zellenlebens sich unmittelbar berühren und in einer mehr oder weniger unterbrochenen Spirallinie sich stellenweise vereinigen. Durch die Ausscheidung und Ablagerung der Astathe und Eustathe treten die ursprünglichen Zellhäute aus einander, bleiben aber an den Vereinigungsstellen in Verbindung (Fig. 9, 10, 11), es entsteht, wenn die Verbindung in der Spirale auf kleine rundliche Stellen sich beschränkt, der Tipfel und der Tipfelkanal.

Der ganze beschriebene Vorgang läßt sich unmittelbar an einem einzigen Objekte und zwar an Querschnitten der dickhäutigen Markzellen älterer Triebe von *Taxodium distichum* verfolgen. Hier zeigen sich nämlich sehr häufig in den einzelnen Zellen senkrechte Querwände, die immer aus einer Fortsetzung der innersten häutigen Grenze der Zellenhöhle bestehen (Fig. 12 m.). Wo diese Wände am zartesten sind, bestehen sie nur aus zwei dicht aneinander liegenden Ptychode-Häuten; in anderen Fällen tritt zwischen denselben die Substanz der Astathe (Fig. 13), in noch anderen auch die der Eustathe hervor (Fig. 14), in welchem letzteren Falle sich zugleich auch Tipfelkanäle wie in den Seitenwänden der Zelle zeigen. Augenscheinlich geht die ganze Bildung aus zwei ursprünglich gebildeten einfachen Zellhäuten (Ptychode-Zellen) hervor, die an den Berührungsflächen in der Entwicklung der Astathe und Eustathe gänzlich, oder mehr oder weniger zurückblieben, während derjenige Theil ihrer Wandung, welcher mit anderen Nachbarzellen in Berührung stand, Astathe und Eustathe regelmässig ausbildete. Hier finden sich alle Stufen meiner Zellenfestigungs-Theorie mitunter in einem und demselben Querschnitte. \*)

Durch sie ist nun zugleich erklärt:

- 1) Die spirallige Anordnung der Tipfel und Tipfelkanäle.
- 2) Das Aufeinanderstossen je zweier Tipfelkanäle benachbarter Zellen, Fig. 12.
- 3) Die stets gleiche Grösse des correspondirenden Tipfelpaares, Fig. 12 nn, oo.
- 4) Die regelmässig symmetrische Bildung des Kanals.
- 5) Die trichterförmige Ausmündung desselben in das Lumen der Zelle.
- 6) Die mit der Verdickung der Astathe regelmässig und geradlinig vorschreitende Verlängerung des Tipfelkanals.

Alle diese Erscheinungen mußten bei der bisherigen Zellenbildungstheorie gänzlich unerklärt bleiben.

Bildet der Tipfelkanal einen vollkommenen Cylinder, so zeigt er sich in der Vogel-Perspektive als ein einfacher Kreis, als einfacher Tipfel, Fig. 15 f. Verengt sich der Tipfelkanal vor seiner Ausmündung, so erscheinen in der Aufsicht zwei Kreise, der äußerste, den Umfang der Tipfel-Basis, der innerste, die Verengung vor der Ausmündung bezeichnend. Dies ist der einfache Hof-Tipfel. Fig. 15 g.

Sind die in der Spirale liegenden Tipfel sehr gedehnt, die Vereinigungsstellen der Ptychoden in der Spirale lang und schmal, so zeigt sich das unabrollbare gestreifte Spiralgefäß. Fig. 15 hh.

Sind die Vereinigungsflächen weniger lang aber breit, so entstehen die netzförmigen oder Trep- pengefäße. Fig. 15 ii.

Sind die Vereinigungsstellen breit und zugleich lang, so entsteht die einfache unabrollbare Spiral- oder Ringfaser, die besser mit dem Ausdrucke einfache Hautfalte bezeichnet würde. Fig. 15 kk.

Vom Tipfelkanale mit verengter Mündung oder, was gleichbedeutend, vom Tipfelkanale mit erweiterter Basis ausgehend entwickelt sich die Reihe der sogenannten abrollbaren Spiralgefäße, Fig. 15 l, m, n. allein durch, in der Spirale ununterbrochen fortlaufende Vereinigungsflächen und durch gleichzeitig zunehmende Erweiterung derselben in der Breite, bis zur Abschnürung. Ob letztere je vollständig werde oder in allen Fällen noch ein Zusammenhang zwischen der abgeschnürten Faser und der Ptychode verbleibt, ist schwer zu beurtheilen, da man Schlüsse nur aus Durchschnitten zu ziehen vermag, wobei man nie sicher ist, die Trennung, wo sich eine solche zeigt (Fig. 15 n.), nicht durch den Schnitt bewirkt zu haben. Mit Bestimmtheit habe ich an leicht abrollbaren Spiralgefäßen (im Blattstiel von *Sambucus ebulus*) die noch bestehende stabförmige Vereinigung in den meisten Fällen deutlich erkannt, und bin der Meinung, daß eine völlige Abschnürung des Spiralfadens, eine vollkommene Isolirung desselben nicht Statt finde.

Diese im Tipfel, in der Falte und in den Spiralfasern sich zeigende verschiedene Gestaltung der

\*) Die Figuren 12, 13 und 14 sind nicht schematisch, sondern, so treu wie ich vermochte, wirklichen Vorlagen nachgebildet.

Ptychode, und der allmähliche Uebergang der gebildeten Formen ineinander, erweckte schon früher die Idee einer Metamorphose, die aber gewiß nicht in ein und demselben Elementarorgane vor sich geht, sondern allein in den verschiedenen Zellen angedeutet ist. Ich halte jede Verschiedenheit dieser Art für ursprünglich und im Verlaufe der Zellenfestigungs-Periode keiner anderen Veränderung unterworfen, als derjenigen, welche eine Folge der Astathe- und Eustathe-Entwicklung und Fortbildung sind; Wachsthum, in Folge dessen schärferes Hervortreten, aber keine Formänderung. Ich kann nicht einmal der Ansicht des Herrn Schleiden beitreten, nach welcher die Spiral- und Ringgefäße mit weitem Abstände der Windungen und Ringe aus solchen mit dicht aufeinander liegenden Windungen und Ringen durch Längendehnung der Zelle hervorgegangen sein sollen, und zwar aus dem einfachen Grunde, weil beide Formen sehr häufig unmittelbar neben einander vorkommen.

Die abrollbare Spiralfaser ist daher nichts Anderes als der Wall zwischen zwei zusammengefloßenen Tipfel-Reihen.

Dafs die Windungen der Spiralfasern benachbarter Zellen nicht selten in entgegengesetzter Richtung verlaufen, stört diese Ansicht keinesweges, und erklärt sich genügend aus dem Verschmelzen der Vereinigungsflächen in entgegengesetzter Richtung.

Zur Begründung der schematischen Darstellung der Tipfel- und Spiralbildung in Fig. 15 habe ich in den Figuren 16 bis 22 verschiedene Querschnitte der abrollbaren Spiralfaser, Fig. 16 — 20 aus dem Blattstiele von *Sambucus ebulus*, Fig. 21 aus dem Blattstiele von *Vitis vinifera*, Fig. 22 aus dem von *Acer pseudo-platanus*, so genau, wie es mir möglich war, dem Bilde, welches eine mindestens 500malige Linear-Vergrößerung giebt, nachgezeichnet. *Sambucus ebulus*, dessen Blattstiel sehr grofse Spiralgefäße führt ist besonders zu controlirenden Untersuchungen geeignet; auch die Blattstiele von *Fraxinus* und *Acer* geben gute Aufschlüsse.

Nach der gegebenen Entwicklungsansicht ist die Spiralfaser zwar nicht hohl, aber sie besteht auch nicht aus einer und derselben Substanz, sondern aus einer inneren Astathe, umgeben von der umhüllenden und stützenden Ptychode. Dies wird dann auch durch die Anschauung vollkommen bestätigt: nicht allein, dafs sich überall aufs deutlichste eine doppelte Umfangslinie als äufsere und innere Grenze der Ptychode eben so deutlich auf Durchschnitten zu erkennen giebt, wie ich dies Fig. 16 — 22 gezeichnet habe, sondern es färbt sich auch an jüngeren Spiralgefäßen die mittlere Astathe unter Einwirkung von Schwefelsäure und Jod lebhaft blau. Im höheren Alter verliert die Spiralfaser diese Eigenschaft, wahrscheinlich in Folge derselben Veränderung, welche in der Zwischensubstanz der Cuticula in höherem Alter eintritt. Davon weiter unten mehr.

In Bezug auf die einzelnen Schichten der fertigen Zellenwand bleibt mir nun noch Folgendes zu bemerken:

### Die Eustathe.\*)

Die Eustathe zweier benachbarter Zellen mufs natürlich ineinander fliefsen und eine gemeinschaftliche homogene Zwischenmasse bilden, wie dies die direkte Beobachtung zeigt, da der sie constituirende Stoff von den benachbarten Zellenwänden gleichzeitig im flüssigen Zustande ausgeschieden wird.

Ob die Eustathe überall an der fertigen Zelle vorhanden ist, auch da, wo sie der direkten Beobachtung entwindet, wie dies häufig an den Zellen des Epidermoidalsystems, besonders aber an der den Korkzellen zunächst liegenden Zellschicht der Rinde sich zeigt, wo die Zellen in einem homogenen Teige zu liegen scheinen, mufs fürs erste noch dahingestellt bleiben. Mit gröfster Bestimmtheit geht aus dem chemischen Verhalten dieses Teiges und der von ihm eingeschlossenen Zellhaut hervor, dafs ersterer Astathe, letztere Ptychode sei, was auch noch durch den Umstand bestätigt wird, dafs auch hier die Absonderung der Eustathe örtlich zwischen den Zellen hervortritt, Fig. 8 a., regelmäfsig sich über der Astathe aller die Lücken des Zellgewebes begrenzender Zellen, so weit diese mit der Luft der Lücke in Berührung stehen, herausbildet, Fig. 8 a\*.

\*) Auf der Figurentafel überall mit a bezeichnet.

Nimmt man an, daß die Eustathe gewissen Zellencomplexen wirklich fehle, so müssen die Ablagerungen der Astathe benachbarter Zellenwände zusammenfließen, ebenso wie in Fällen der Eustathebildung die Eustathe benachbarter Zellenwände zusammenfließt. Es ist mir aber noch kein Fall vorgekommen, wo eine innige Verschmelzung der Astathe zweier Zellen, ein völlig homogener Teig außer allem Zweifel gewesen wäre. Wenn auch nicht durch scharfe Trennungslinien, bezeichnet sich doch stets die einer jeden Zelle angehörende Portion des Teiges durch eine Schattengrenze, wie ich dies Fig. 8 an einem mit Jod und Schwefelsäure behandelten Querschnitte aus dem Blattstiele einer Platane gezeigt habe. Ich bin daher geneigt auch hier das Vorhandensein einer durch geringe Mächtigkeit anatomisch nicht nachweisbaren Eustathe anzunehmen, wenngleich dieses zur Erklärung der Erscheinung nicht unbedingt nöthig ist; denn da die Ablagerung der Astathe offenbar von der Ptychode ausgeht und schichtenweise erfolgt, die der Ptychode näher liegenden Theile der Astathe daher die jüngeren sind, so kann auch die Schichtung selbst und deren allmähliche Bildung Ursache jener Schattengrenze sein.

Die Eustathe entwickelt sich nie zu so bedeutender Mächtigkeit wie die Astathe; meist zeigt sie sich als ein äußerst zartes Häutchen und nur da, wo durch sie zugleich auch die Intercellularräume ausgefüllt sind, besonders in den Nadelhölzern, örtlich verdickt. Hat man sie vermittelst Schwefelsäure isolirt und flächenförmig ausgebreitet vor sich, so erkennt man diese Verdickungen als gerade verlaufende Leisten (Lehrb. der Pflkd. Tab. 35, Fig. 6 9). Außerdem zeigt sie sich structurlos, ist aber da durchlöchert und etwas wulstig verdickt, wo sie sich den zum einfachen Tipfel versenkten Ptychoden der benachbarten Zellenwände anschließt.

Das chemische Verhalten der Eustathe ist von dem der Astathe wesentlich abweichend. Während die letztere Säuren in sich aufnimmt, dadurch sichtbar und augenblicklich ihrer ganzen Masse nach aufquillt und sich sehr rasch mit denselben verflüssigt, ist an der benachbarten Eustathe eine Volumveränderung nicht erkennbar. In, wenn auch nur wenig verdünnten Säuren, welche die Astathe rasch und vollkommen auflösen, ist die Eustathe unlöslich, die Einwirkung mag noch so lange dauern. Concentrirte Schwefelsäure darf man bei solchen Untersuchungen nicht in Anwendung bringen, da dieselbe sowohl der Eustathe als der Astathe den Wassergehalt entzieht und dadurch einen Verkohlungsproceß einleitet, der sich in Schwärzung aller Theile des Objectes zu erkennen giebt.

Die von Jod durchdrungene Eustathe erhält durch Behandlung mit Schwefelsäure nie die blaue Färbung, welche unter denselben Verhältnissen die Astathe charakterisirt, sondern zeigt sich selbst da wo letztere tief dunkelblau gefärbt erscheint, hell gelbbraun, so daß beide Schichtungen scharf gegen einander abstecken.

Die Eustathe ist also das gemeinschaftliche Bindemittel des Zellgewebes. Auf ihrem Vorhandensein und auf ihrer Mächtigkeit beruht die Zähigkeit der Holz- und Bastfaserbündel, d. h. das Vermögen derselben sich biegen und drehen zu lassen, ohne die einzelnen Fasern aus ihrem Zusammenhange zu lassen. Ich habe ihre Substanz schon vor 8 Jahren ganz bezeichnend mit dem Namen Holzkitt belegt. Wirklich liegen die Zellen in ihr wie in einem gemeinschaftlichen Kite, doch ist dieser Kitt nicht das, was die Anatomen Inter-cellularsubstanz nennen, die außer ihm noch als gesondertes, wenn auch in chemischer Hinsicht nicht wesentlich verschiedenes Gebilde auftritt, sondern, nach der bisherigen Ansicht, die ursprüngliche eigentliche Zellhaut.

Hieraus erklärt sich dann ferner die Unmöglichkeit, Holz- oder Bastfasern, überhaupt alle Zellen mit entwickelter Eustathe, so von einander zu trennen, daß die Eustathe in ihrer Integrität sich im Umfange derselben erhalten zeigt. Man mag schneiden oder spalten, durch Säuren sprengen oder maceriren, Frost oder Hitze zu Hülfe nehmen, überall erfolgt eine Trennung nur unter Zerreißung der Eustathe. Wenn alles Uebrige an feinen Querschnitten aufgelöst ist, bleibt die Eustathe als ein Netzwerk ohne Trennung der einzelnen Maschen zurück.

### Die Astathe\*)

ist die der Ptychode, der wirklich ursprünglichen Zellhaut, zunächst liegende Schichtung. Sie scheint den Organen des Markes, des Holzes und der Rinde nie zu fehlen, denn auch da, wo sie anatomisch nicht nachweisbar ist, an den zartwandigsten Zellen des Markes, deutet die durch Schwefelsäure und Jod hervortretende

\*) Auf der Figurentafel überall mit b bezeichnet.

blaue Farbe auf ihr Vorhandensein hin. Dahingegen ist sie diejenige Schichtung, welche an Holz- und Bastfasern, an den älteren Lebenssaftgefäßen der Euphorbien, an vielen Rinden- und Epidermoidalzellen zu außerordentlicher Mächtigkeit sich verdickt. Sie bildet der Masse nach bei weitem den Hauptbestandtheil der Holz- und Bastbündel. Weniger entwickelt als in den Holzfasern zeigt sie sich in den Holzlöhren.

Die Astathe der Zelle bildet ein mehr oder weniger dickes Spiralband, dessen eng aneinander liegende Windungen da zu einem kleinen Spalt sich öffnen, wo die Tipfelkanäle der Ptychode sie durchstreichen. Die Spirallinien des Astathe-Bandes entsprechen den spiralig geordneten Vereinigungsstellen der Ptychode und lassen sich als Folge derselben betrachten.

Für anatomische und chemische Untersuchungen liefert uns die Weißfäule der Hölzer das Astathe-Band in seiner unveränderten Form und Substanz vollkommen isolirt. Es hat damit folgende merkwürdige Bewandniss.

Während bei der gewöhnlichen Fäulniß des Holzes, d. h. bei denjenigen Veränderungen, welche die Holzfaser unter freier Einwirkung der Wärme, Feuchtigkeit und des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft erleidet, die Astathe zuerst und rascher den Angriffen unterliegt als die Eustathe und Ptychode, findet bei der sogenannten Weißfäule, d. h. bei der im Innern gesunden Holzes eintretenden Vermorschung, der umgekehrte Fall statt: Eustathe und Ptychode verschwinden und die dadurch ihres Zusammenhanges beraubten, übrigens völlig unveränderten Astathe-Bänder liegen als blendend weiße Fasern lose neben einander. Die Auflösung der Eustathe ist allein Folge der Vegetation einer Pilzfaser, die ich *Nyctomyces candidus* genannt habe. Die Faser entsteht im Intercellular-Raume der Holzfasern und verbreitet sich von hier aus unter Auflösung und auf Kosten der Eustathe. Dadurch entstehen mitten im Holze anfänglich dem bloßen Auge kaum erkennbare weißliche Stellen, dann kleine mandelförmige, mit den Astathe-Bändern lose ausgefüllte Räume, deren innere Wandung mit der Pilzfaser überzogen ist. Von der Wandung aus nach dem noch nicht zersetzten Holze hinwirkend, lösen die Nachtfasern immer mehr Astathe-Bänder aus dem Eustathe-Kitt, wodurch der Raum sich fortwährend vergrößert, bis er mit anderen benachbarten Räumen zusammenfällt. Die Pilzfaser selbst lagern sich bei höheren Entwicklungsgraden der Weißfäule an den Wänden der Räume zu, dem Tode-schen *Xylostroma* ähnlichen, äußerlich gelblich gefärbten Lappen.

Es ist interessant, durch organische Kraft hier gerade denjenigen Bestandtheil des Holzes aufgelöst zu sehen, der der Einwirkung chemischer Kräfte, concentrirter Säuren und der Fäulniß am meisten Widerstand leistet, während die leicht lösliche und leicht veränderliche Astathe unberührt bleibt; Beweis genug, daß die Pilzfaser nicht Folge sondern Ursache der Auflösung ist.

Die Holzfaser der Weißfäule bietet nun ein treffliches Material zu Untersuchungen sowohl der Form als des chemischen Bestandes der Astathe dar. Letzteren betreffend verweise ich auf das, was ich bereits über das Verhalten derselben zu Säuren und Alkalien gesagt habe, und kann mich um so mehr darauf beschränken, als wir demnächst eine genaue Analyse dieses Stoffes vom Herrn Professor Liebig, dem ich hinreichendes Material einzuhändigen Gelegenheit fand, zu erwarten haben.

In Bezug auf Form und Bildung muß ich aber noch eines merkwürdigen Umstandes gedenken. Wenn man Holzfasern der Weißfäule mit Jod imprägnirt und sie dann mit Schwefelsäure behandelt, erfolgt zwar überall gleichmäßig blaue Färbung, aber nicht oder selten gleiche Expansion. Mitunter dehnt sich die ganze Faser und nur einzelne ring- oder spiralförmige Stellen verharren in ihrem ursprünglichen Volum, in anderen Fällen ist Letzteres mit dem größeren Theile der Faser der Fall und die Expansion erfolgt nur an einzelnen ring- oder spiralförmig verlaufenden Stellen. Die ganze Erscheinung zeigt sich so, als wenn eine höchst zarte, nicht erkennbare äußere Haut der Volumerweiterung entgegenstände, die nur da erfolge, wo dieselbe in ring- oder spiralförmige Streifen sich gelöst habe oder gesprengt worden sei. Ich gestehe, daß ich zur Zeit dies Factum nicht zu deuten weiß.

In sehr seltenen Fällen zeigt sich zwischen Eustathe und Astathe eine von ersterer scharf getrennte, von der Astathe aber darin verschiedene Schichtung, daß sie, selbst in den Fällen, wo letztere durch Schwefelsäure und Jod tief dunkelblau sich färbte, eine der Eustathe gleiche, jedoch um etwas weniger dunkle, goldgelbe Farbe erhält. Bisjetzt habe ich dies nur in den Complexen bastfaserähnlicher Holzfasern von *Cytisus laburnum* beobachtet.



## Die Ptychode. \*)

Die innerste Grenze des Zellraumes, zugleich die ursprünglich entstandene Zellhaut, muß natürlich überall vorhanden sein. Im jugendlichsten Zustande der Zelle ist sie zugleich die einzig vorhandene Hülle. In dieser einfachsten Bildung verharrt sie bei den zarthäutigen, nie sich verdickenden Lebenssaftgefäßen der Ahorne, Sumache, Mohn etc. Auch die echten Saftfasern und Safröhren (vgl. Lehrb. der Pflkd. Tab. 9, Fig. 5 a.; Tab. 12, Fig. 5 b.), die immer zarthäutigen Mark- und Korkzellen bestehen vorzugsweise aus dieser Haut. Da wo die Zellen der Rinde in einem gemeinschaftlichen Teige zu liegen scheinen, hat man sie als Zellhaut immer erkannt. Vorzüglich entwickelt ist die Ptychode in den Holzfasern der Nadelhölzer, besonders der Cypressen und des Taxus, so wie in den dickwandigen Lebenssaftgefäßen der fleischigen Euphorbien.

Überall, auch da wo diese Haut am dicksten sich zeigt (*Taxus*), ist sie doch immer ein höchst zartes Häutchen, welches, wo die sie umgebenden Ablagerungen der Astathe zu einiger Mächtigkeit herangewachsen, der Aufmerksamkeit leicht entgeht. Bei *Taxus* ist diese Haut so stark, daß sie sich durch Schwefelsäure leicht und vollständig isoliren läßt. Man spalte frisches Taxusholz, nehme die feinen Fasern von der Spaltfläche mit einer Pincette ab, imprägnire sie mit Jod und behandle dieselben nach dem Abtrocknen mit fast concentrirter Schwefelsäure so lange bis die umgebende Astathe vollständig aufgelöst ist.

In den meisten Fällen erschien mir die Ptychode, wie die Eustathe völlig structurlos, mitunter warzig oder genarbt, selten von spiraligem Bau. Ich habe einen solchen Fall Tab. 35, Fig. 6 meines Lehrb. der Pflkd. dargestellt. Auch an den Bastfasern der *Vinca* scheint die feine spirilige Streifung der Ptychode anzugehören. Es ist schwierig hierüber ins Klare zu kommen, da man nur aus Fällen völliger Isolirung der Ptychode Schlüsse ziehen darf.

Sehr merkwürdig ist die Bildung der Ptychode an den Bastfaserzellen aller Cypressen. Die Substanz derselben ist hier mit einem grobkörnigen Stoffe durchwebt, sie selbst so unendlich fein, daß sie sogar bei 500maliger Linear-Vergrößerung kaum zu erkennen und ihr Vorhandensein nur an der unveränderlichen Lage der Körnchen, beim Flottiren der isolirten Haut in einer Flüssigkeit, bemerkbar wird. Im Inneren dieser höchst zartwandigen Organe bildet sich später eine dickwandige Bastfaser, Fig. 4 n., deren Lumen mitunter von einer zweiten gesonderten Bastfaser erfüllt wird (Lehrb. d. Pflk. Hft. II. Tab. 9, Fig. 6, Tab. 10, Fig. 2 h.). Die Bildung von Zellen in Zellen kommt bei Bastfasern gar nicht selten, ausnahmsweise auch bei den nahe verwandten Lebenssaftgefäßen vor; allen übrigen Organformen fehlt sie und nur in den alten Holzröhren der Eichen, Eschen, Ulmen, Acacien, Maulbeeren etc. zeigt sich noch etwas Aehnliches. In all' diesen Fällen erkennt man aber mit großer Bestimmtheit, daß die Ausfüllung des inneren Raumes nicht durch Ablagerung eines Stoffes an den inneren Wänden einer ursprünglichen Zellhaut erfolgt, sondern daß es selbstständige Organe sind, welche den inneren Raum der Zelle ausfüllen, und die sich von der ursprünglichen Zelle und deren Wandschichten scharf getrennt zeigen.

Das chemische Verhalten der Ptychode ist das der Eustathe. Auch sie erleidet in ihrer Dicke keine Volumenveränderung unter Einwirkung von Säuren oder Alkalien, sondern legt sich, wie ich bereits erwähnte, durch die in solchen Fällen eintretende Expansion der Astathe in künstliche Compressionsfalten, Fig. 6 c. Künstliche Compressionsfalten entstehen überall unter Einwirkung der Schwefelsäure, wo eine mächtigere Astathe vorhanden ist. Auch durch die auf natürlichem Wege erfolgende Verdickung der Astathe werden Compressionsfalten in Holz- und Bastfasern erzeugt. Diese natürlichen Compressionsfalten sind aber allerdings nicht in allen Fällen und nicht überall in einem der Ausdehnung der Astathe entsprechenden Grade nachweisbar, was sich jedoch sehr einfach aus der Contractilität der Ptychode und aus der Verlängerung der Tipfelkanäle erklären läßt.

## Der Eustathe - Tipfel.

In den Holzfasern der Nadelhölzer, in denen der Eiche und in den Holzröhren der meisten Laubbölzer tritt eine Tipfelbildung auf, die von den bereits beschriebenen, allein aus Verwachungsflächen der Pty-

\*) Auf der Figurentafel überall mit c bezeichnet.

chode entstandenen, einfachen Ptychode-Tipfeln sehr verschieden sind. (Wenigstens ist bei letzteren die nachfolgend beschriebene Organisation mit unseren jetzigen Mitteln der Anschauung nicht erkennbar.) Dem Anscheine nach tritt hier die Substanz der Eustathe zu einem linsenförmigen Raume auseinander, Fig. 15 o, Fig. 7, dessen Axe beiderseits die correspondirenden Tipfelkanäle beider Nachbarzellen aufstoßen. Fig. 3, 6, 7 mm. In der Aufsicht sieht man mehr oder weniger concentrische Kreise, Fig. 15 p., deren innerster: die Basis des Tipfelkanals, ein diesen in geringem Abstände umgebender Kreis: die Ausmündung desselben in das Lumen der Zelle, der äußerste: den Umfang der linsenförmigen Höhlung zwischen der Eustathe umschreibt. Ein augenlidförmiger Spalt bezeichnet die hier auseinander tretenden Spiralwindungen der Astathe. Eine die mittlere Oeffnung verschließende, äußerst zarte Haut ist vorhanden, aber nicht überall. In allen Fällen, die mir eine scharfe Ansicht verstatteten, sah ich sämmtliche in das Lumen einer Holzfaser mündende Oeffnungen verschlossen, die entgegengesetzten Löcher desselben linsenförmigen Raumes hingegen, in die benachbarte Faser ausmündend, sämmtlich offen, wie ich dies in der treu der Natur nachgezeichneten (nicht schematischen) Figur 29 dargestellt habe. Ich halte daher die Bildung dieser Tipfel für das Resultat einer linsenförmigen Erweiterung der Ptychode einer von zweien benachbarten Holzfaser. Fig. 28, die Ptychode zweier benachbarten Zellen schematisch darstellend, mag erläutern, wie ich mir dies denke. Sieht man den Tipfel von a aus, so erscheint derselbe offen, von b aus hingegen verschlossen. Ich gestehe indess, daß mir der Bau dieser Organe noch nicht zur völligen Klarheit gediehen ist, obgleich ich fast keinem anderen Gegenstande so viele Zeit und Mühe zugewendet habe, als diesem. So viel ist gewiß, daß der Eustathe-Tipfel nicht so einfach gebaut ist, als dies bisher angenommen wurde. Ich kann die Ansicht nicht theilen, welche Herr Schleiden äußert: daß die linsenförmigen Räume durch Luftbläschen zwischen den sogenannten ursprünglichen Zellhäuten entstehen sollen. Abgesehen von der Unwahrscheinlichkeit, daß Luftbläschen Gebilde von so großer Regelmäßigkeit der Form und Uebereinstimmung der Größe zu veranlassen befähigt sein sollten, wird sie auch durch Betrachtung der frühesten Zustände der Coniferen-Holzfaser widerlegt, denn da zeigt sich der spätere Eustathe-Tipfel schon von dem Augenblicke, in welchem überhaupt die Form der Holzfaser in ihren Umrissen erkennbar wird, als eine scharf begrenzte Scheibe von Form und Größe des künftigen Tipfels, ohne Spuren darin enthaltener Luft. Weit eher könnte man auf die Idee kommen, daß Cytoblasten an der Bildung Theil hatten, nicht allein durch die Form der Cavität, sondern auch durch das nicht seltene Vorkommen kleiner, den Kernkörperchen der Cytoblasten ähnlicher Gebilde, wie solche schon Meyen Tab. III., Fig. 1 k. des ersten Bandes seiner Physiologie abbildet. Die Menge, in der diese Organe in der Wandung einzelner Zellen vorkommen, spricht nicht unbedingt gegen jene Idee, da manche Erscheinung darauf hindeutet, daß sehr langstreckige Elementar-Organen aus einer Mehrzahl ursprünglicher Zellen, durch Resorption der Zwischenwände, sich bilden (vgl. den Bau der Bastfasern von *Vinca*). Doch das sind Phantasien, auf die ich selbst wenig gebe.

### P o r o s i t ä t.

Besteht ganz unzweifelhaft in den Querscheidewänden der Holzhöhren unserer Laubbölzer. Weiter mag ich hier in meinen Mittheilungen nicht gehen. Ich habe früher Manches für Poren gehalten, was sich mir in neuester Zeit durch Niederschläge aus essigsaurem Eisen mittelst Blutlaugensalz, aus Quecksilber-Sublimatlösung durch Jod-Kalium, aus schwefelsaurem Eisen mittelst Gallussäure etc. auf die Oberfläche der Pflanzenhäute, als verschlossen mit größter Bestimmtheit zu erkennen gegeben hat. Weitere Mittheilungen über diesen wichtigen Gegenstand müssen einem anderen Orte vorbehalten bleiben.

### D i e f e r t i g e Z e l l e.

Durch die Abscheidung und Erhärtung der Astathe und Eustathe im Umfange der Ptychode erhält das Zellgewebe Härte, Festigkeit und Schwere. In dem Maasse als die Entwicklung jener Ablagerungen geringer bleibt, ist der Pflanzentheil lockerer, weicher und leichter, so die Rinde und das Mark im Gegensatz zum Holze, das Holz der Weiden, Pappeln im Gegensatz zu dem der Eichen und Buchen. Die gefestigte Zelle erhält ferner eine regelmäßige polyedrische Form nach Maafgabe der Form, Größe und Zahl der benachbarten Organe. Kieser hat zuerst, aus mathematischen Gründen abgeleitet, das Rhomben-Dodecaëder

als Grundform des regelmässigen parenchymatischen Zellgewebes hingestellt; Kieser's Irrthum hat sich bis auf Schleiden's Grundzüge (Bd. I. pag. 200, 202) fortgepflanzt. Ich habe schon vor 8 Jahren gezeigt, dafs das Rhomben-Dodecaëder in der Pflanze nirgends, auch nicht annäherungsweise vorkommen könne. Niemand hat das beachtet. Die Zellen des parenchymatischen regelmässigen Zellgewebes bilden senkrechte Reihen; jede Zelle wird daher von einer über und einer unter ihr stehenden Zelle begrenzt. Im Umfange einer jeden Zellenreihe stehen in der Regel sechs Zellenreihen. Diese liegen mit der eingeschlossenen Zellenreihe im Verbands. Jede Zelle der eingeschlossenen Reihe wird daher von zwei Zellen jeder Nachbarreihe berührt;  $2 \cdot 6 + 2 = 14$ ; wie kann denn ein von 14 Flächen begrenzter Körper ein Rhomben-Dodecaëder sein?! Man bilde sich einen Complex aus Rhomben-Dodecaëdern, und man wird bei Betrachtung und Vergleichung desselben mit den Eigenschaften des Zellgewebes auf die crassesten Widersprüche stossen, wohin vorzugsweise gehört, dafs in einem solchen Complex jede Zelle regelmässig von vier dreiseitigen und zwei vierseitigen Inter-cellulargängen begrenzt wird, und dafs in einer der beiden Seitenflächen dieses Körpers nur vierseitige Inter-cellulargänge gebildet werden, die Zellen sowohl senkrechte als wagerechte Reihen bilden, was in der Wirklichkeit nirgends vorkommt. Letzteres kann man schon aus der achten Figur erster Tafel in Kieser's Phytotomie erkennen. Weit näher steht die regelmässig und vollkommen geprefste, parenchymatische Zelle dem entschiedenen Dihexaëder, wenn man durchaus eine mathematische Grundform haben will. Auf dieselbe Grundform läfst sich dann auch die von achtzehn Nachbarzellen begrenzte prosenchymatische Zelle zurückführen, auf das Dihexaëder mit Abstumpfungsfächen der Grundkante zur sechsseitigen Säule mit sechsflächiger Zuspitzung. Ich gebe aber überhaupt sehr wenig auf die höchst veränderliche Form der einzelnen Zelle. Weit wichtiger ist die bisher vernachlässigte Unterscheidung nach dem gegenseitigen Stellungsverhältnifs; in ihr sprechen sich die Unterschiede im Wesen der Organe aus. Ich unterscheide in dieser Hinsicht:

A. Liegendes Zellgewebe (Markstrahlensystem),

B. stehendes Zellgewebe (alles Uebrige).

In Beidem:

a. Reihen bildendes (parenchymatisches) und

b. ineinander greifendes (prosenchymatisches) Zellgewebe.

c. Gefäßgewebe, (verästelt).

Ueberall:

I. Radial geordnetes Zellgewebe: Holzfaser-, Saftfaser-, Korkzellgewebe.

II. Concentrisch geordnetes Zellgewebe: Mark-, Holzzell-, Rinde-, Epidermoidal-Gewebe.

III. Radial-concentrisch geordnetes Zellgewebe: Safthaut der Cypressen und der Gattung *Taxus*.

IV. Ungeordnetes Zellgewebe: Holz- und Baströhren, Bastfasergewebe.

Ferner:

1. Zellgewebe allgemeiner Anordnung, d. h. radial oder concentrisch der Längsaxe der Pflanze.

2. Zellgewebe besonderer Anordnung, d. h. radial oder concentrisch einem besonderen Pflanzentheile.

Die Classificirung des Zellgewebes nach der Form der einzelnen Zelle, oder nach der Anordnung verhalten sich wie künstliche zu natürlichen Systemen.

Die Periode der Zellenfestigung währt wie die der Zellenmehrung nur sehr kurze Zeit. Meist hat die Zelle in wenigen Wochen, oft in wenigen Tagen oder gar Stunden das Ende der Zellenfestigungsperiode erreicht. Es ist ganz falsch, wenn man häufig angegeben findet, das sogenannte Verholzen, der Uebergang des Splintes in Kern, beruhe auf zunehmender Verdickung der Zellenwände. Es hat damit folgende Bewandniß:

Ist die Zelle gefestigt, so beginnt die dritte Lebensperiode, in welcher sie nicht mehr für sich, sondern für andere Organe und andere Zeiten thätig ist. Diese Thätigkeit giebt sich bei unseren Laubhölzern zu erkennen in Abscheidung von Mehlkörnern, die sich in großer Menge gegen den Herbst hin im Zellgewebe der äusseren Jahreslagen ansammeln. Dieser Mehlvorrath ist für den nächstjährigen Jahreswuchs der Holzpflanze dasselbe was das Mehl der Samenlappen für die keimende Pflanze ist; er dient zur Reproduction der Ingestions- und Assimilations-Organe des nächsten Jahres, die dann ihrerseits, nach Ablauf der Festigungsperiode, für spätere Zeiten, wenn auch, wenigstens theilweise, noch für dasselbe Jahr, thätig sind. Jene verschiedenartigen Reservestoffe werden jährlich in der Frühperiode der Vegetation aufgelöst und verwendet, gegen den

Sommer hin wieder von neuem gebildet und niedergelegt. (Vgl. meine Arbeit über Vegetations-Perioden der Waldbäume, in meinen forstlichen Jahresberichten I. 4. 1839.)

Dies ist die Splint-Periode der Holzpflanzen-Zelle.

Nach einer längeren oder kürzeren Reihe von Jahren erlischt auch diese Art der Zellenthätigkeit. Die Zellen füllen sich, ob selbstthätig oder nichtistunentschieden, mehr oder weniger mit Sekreten der verschiedensten Art, die sich nicht allein im Innern der Zelle niederschlagen, sondern auch die Zellhäute selbst durchdringen, wovon man sich an jedem Stückchen Eben- oder Fernambuk- oder Eichenholz überzeugen kann. Man kann diese, bei verschiedenen Holzpflanzen sehr verschiedenartigen Sekrete mit einem allgemeinen Ausdrucke als Verholzungsstoff bezeichnen; denn mit ihrer bleibenden Abscheidung beginnt die vierte und letzte Periode des Zellenlebens, die Verholzungs- oder Kern-Periode der Zelle.

### Die Cuticula.

Ich habe bereits Eingangs erwähnt, dafs, während die Mutterzellen der im Innern einer Urzelle erzeugten Zellenbrut resorbiert werden, die Urzelle selbst, mit der Atmosphäre in unmittelbarer Berührung stehend, sich lebendig erhalte; sie wächst in sich fort nach Maafsgabe der erfolgenden Volumerweiterung ihrer Nachkommenschaft, sich den Aufsenzellen derselben auf's Innigste anschmiegend, ja sogar in die Interzellarräume der äußersten Zellschichten eingehend. Allerdings ist die über die jugendlichsten Theile ausgespannte Haut der Urzelle äußerst zart, aber doch nachweisbar, so am Embryo von *Pinus pinea*, *Tilia*, *Fraxinus* etc., Legt man den ein oder einige Wochen alten Embryo von *Fraxinus*, *Acer*, *Quercus* etc. in einen Tropfen verdünnter Schwefelsäure von bezeichneter Stärke, so löst sich die zarte Oberhaut vom Zellgewebe, erweitert sich und tritt dadurch vom Zellgewebe ab, so dafs letzteres, übrigens unverändert, in einem wasserklaren völlig strukturlosen Sacke liegt. An der Gemmula einer Blattachselknospe von *Platanus*, die ich eben vor mir habe, sehe ich deutlich eine ziemlich dicke Haut als äußerste Grenze des Würzchens; an den zartesten Blüthetheilen habe ich sie nachgewiesen.

In diesem Zustande verharret die Urzelle, unter beständiger Erweiterung ihrer selbst, als Decke der jüngsten Bildungen, bis zur Vollendung des lebhaftesten Wachsthum. Aber schon lange vorher ehe die Volumerweiterung eines Pflanzentheils zum völligen Abschluß gelangt ist, beginnt die Abscheidung der die Astathe und Eustathe bildenden Stoffe, welche sich auf die Haut der bisher nur aus der Ptychode bestehenden Urzelle äußerlich eben so ablagern und erhärten, wie dies an jeder einzelnen Zelle geschieht. Ich kann den ganzen Vorgang nicht besser, als mit Herrn Schleiden's eignen Worten beschreiben: „In der weiteren Entwicklung des Epitheliums (der äußersten Zellschicht) zeigt sich zuerst in den Fugen zwischen den einzelnen Zellen eine gelatinöse Substanz, die bald erhärtet und so ein Netz darstellt, dessen Maschen die Zellengrenzen bezeichnen (dies Netz ist die zuerst sich abscheidende Eustathe). Bald darauf bedecken sich die ganzen Zellen mit einer solchen Schicht, die sich fest mit jenem Netze verbindet und ebenfalls schnell erhärtet (Vollendung der Eustathe). Nun sondern die Epidermiszellen auf ihrer Außenfläche einen weniger festen und dichten Stoff ab, der jene erste Schicht mit dem Fasernetz in die Höhe hebt und allmählig zu einer bedeutenden Dicke anwächst“ (allmähliche Entwicklung der Astathe zwischen der Eustathe und der ursprünglichen Ptychode.). Das ist Alles vollkommen richtig und am besten an Knospen von *Taxus baccata* zu verfolgen. Herr Schleiden hatte nur die unterste zarte Haut — die Ptychode — übersehen, und glaubt, dafs die Abscheidung unmittelbar von den äußersten Zellen geschähe.

Das Vorhandensein dieser untersten continuirlichen Haut habe ich nachgewiesen und muß mich in dieser Hinsicht auf die Abbildungen und Mittheilungen im 4. Hefte des Lehrb. der Pflkd. beziehen. Alle neueren Untersuchungen dieses Gegenstandes haben mir nur Bestätigungen geliefert.

Ich halte daher die Cuticula für die im Umfange des pflanzlichen Individuums fortwachsende Urzelle, und deren verschiedene Schichtungen, wo solche vorhanden sind, den Schichtungen jedes einzelnen Elementarorganes, die innerste Haut (Fig. 2 h.) der Ptychode, die äußerste (Fig. 2 f.) der Eustathe, die Zwischensubstanz (Fig. 2 g.) der Astathe entsprechend.

Der zwischen Zellhaut und Oberhaut gezogene Vergleich findet nun in der Wirklichkeit die vollständigste Bestätigung. Die räumlichen Verhältnisse sind dieselben, Außen- und Innenhäutchen sind dünn und zart, wie Ptychode und Eustathe, der Zwischenkitt, seiner absoluten Mächtigkeit nach eben so veränderlich

wie die Astathe, überwiegt auch, wie diese, seiner Masse nach stets um Vieles die begrenzenden Häute. Das Innenhäutchen, der Ptychode entsprechend, zeigt dieselbe Neigung zur Faltung (Lehrb. der Pflkd. Tab. 30, Fig. 2 aa. Tab. 31, Fig. 2 i. 3 d.), es bildet sogar auch durch den Zwischenkitt hindurch dem Aufsenhäutchen zugekehrte, wenn auch nur kurze Tipfelkanäle (ebendasselbst Tab. 31, Fig. 2 i. Fig. 3 d.).

Eben so hervortretend ist die Analogie der Theile und des Ganzen rücksichtlich deren chemischen Verhaltens. Wie die Astathe der Zelle so erweitert auch die Zwischensubstanz der Cuticula unter Einwirkung von Säuren oder Alkalien ihr Volumen, wenn auch nicht in dem Maasse als erstere, doch immer merkbar genug. Wie die Astathe wird die Zwischensubstanz, wenn auch viel schwerer und langsamer, doch endlich von concentrirten Säuren aufgelöst, viel leichter und rascher als ihre eigene Eustathe und Ptychode. In der Entwicklungsperiode des Zwischenkittes der Cuticula glaube ich einigemal durch Säure und Jod die der Astathe eigenthümliche Färbung hervorgerufen zu haben, doch gebe ich nicht viel darauf, da eine Täuschung durch die lebhaft blaue Färbung der nahe dabei liegenden äußersten Zellschicht leicht möglich ist. Später ändert sich die weiße Farbe des Zwischenkittes stets in Gelbbraun; je älter sie wird, um so mehr verliert sie ihre Ausdehnungsfähigkeit und Löslichkeit in Säuren. Es ist dies ein wahrer Verholungsprozess wie der geschilderte der einzelnen Faserzelle.

Herr Schleiden meint, die Cuticula werde, wenn man sie vorher mit Terpenthinöl und Aether behandelt habe, eben so schnell, fast noch schneller als die Zellen des Epidermoidal-Systems zerstört. Das ist gewiß nicht richtig. Wenn die Cuticula auch nicht absolut in Schwefelsäure unauflöslich ist, so ist sie es doch in Beziehung auf jeden anderen Membranstoff, d. h. sie bleibt ungelöst in Fällen, wo alles übrige Zellgewebe vollkommen zerstört wird, ja! es kommen Fälle vor, wo die Unlöslichkeit absolut zu sein scheint. Ich will einen solchen Fall hier mittheilen.

Schon vor einem Jahre habe ich die durch Maceration vollständig isolirten Oberhäute einer *Agave americana* und einer *Aloë verrucosa* in Aether aufbewahrt. Vor ungefähr 6 Wochen brachte ich einen Theil beider in Terpenthinöl, liefs sie darin ungefähr 8 Tage und entfernte darauf den letzteren durch Auswaschen mittelst Alkohol. Die Stücke wurden darauf nach völligem Abtrocknen mit rauchender Schwefelsäure reichlich übergossen. Die Cuticula eines jungen Blattes der Aloe löste sich nach 48 Stunden auf, von der Cuticula des alten Agave-Blattes löste sich in den ersten Stunden der Zwischenkitt, die einschließenden Häute hingegen sind ungelöst geblieben, trotz dem daß ich die Schwefelsäure viermal durch frische Säure ergänzte und nun bereits 5 Wochen seit dem ersten Aufguß der Säure verflossen sind. Andere Häute derselben Pflanzen, die aber nicht mit Aether und Alkohol behandelt wurden, zeigten ganz dasselbe Verhalten wie jene.

Ich habe im 4. Hefte meines Lehrbuches der Pflanzenkunde nachgewiesen, daß die Oberhaut sich auch über die sogenannten Spaltöffnungen fortsetze. Herr Schleiden bestreitet auch dies, hält es aber für unnöthig, meine Beobachtungen in der Natur zu prüfen, „da sie sich durch die einfachsten Experimente, z. B. mit dem Durchdringen der Dinte, kinderleicht widerlegen“ (S. 329 der Grundzüge). Ich hätte eigentlich nichts weiter nöthig als die gänzliche Nichtigkeit jenes Experiments zu beweisen, und das ist bereits auf der letzten Seite der Kupfererklärungen zum 4. Hefte meines Lehrbuches indirekt geschehen. Es läßt sich jenes Experiment aber auch direkt sehr leicht widerlegen. Jedem Botaniker ist bekannt, daß bei den meisten dickhäutigen Pflanzen die sogenannten Spaltöffnungen auf dem Grunde einer tiefen Einsenkung liegen; macht man hier sehr dünne Schälsschnitte, so werden die Höhlungen durchschnitten, z. B. bei p Fig. 2, und dann findet ein Durchdringen der Dinte allerdings Statt. Eine andere Ursache liegt dem Durchdringen der Dinte zum Grunde, wenn man von zarten Pflanzentheilen die dünne Oberhaut gewaltsam abzieht. Ich habe Tab. 31, Fig. 5 des Lehrb. der Pflkd. gezeigt, daß sich die Oberhaut zwischen den Spaltzellen hindurch ins Innere des Zellgewebes hinein senke (Fig. 5 g. i.). Reißt man die Oberhaut mit Gewalt von dem festen Zellgewebe los, so bleibt die Einsenkung in letzterem zurück, und da die Zerreißen meist bei g an der dünnsten Stelle erfolgt, so zeigen die dadurch entstehenden Oeffnungen sogar einen scharfen, den Umfangslinien der sogenannten Spaltöffnung entsprechenden Rand.

Das rohe Experiment, auf welches Herr Schleiden sich bezieht, beweist daher gar nichts gegen meine Beobachtungen, und wird derselbe, wenn er sich die Mühe giebt, meine Angaben an solchen Objekten zu prüfen, die durch Maceration oder Schwefelsäure isolirt wurden, sehr bald vom Ungrunde seiner Entgeg-

nung sich überzeugen. Wir haben hier einen Fall, wo Messer und Pincette viel gewaltsamer wirken als jedes chemische Lösungsmittel!

An derselben Oberhaut von *Agave americana*, deren Maceration, Behandlung in Alkohol, Terpenthin und Schwefelsäure ich so eben mitgetheilt habe, zeigt sich die verschleissende Haut vollständig erhalten; schon ihre Faltung giebt sie zu erkennen. Will man sich aber noch bestimmter von ihrem Vorhandensein überzeugen, so wasche man die Schwefelsäure hinweg, tränke das Objekt mit einer Auflösung von Blutlaugensalz und setze dieser bald darauf ein Tröpfchen salzsaures Eisen hinzu; der erfolgende dunkelblaue Niederschlag lagert sich überall, auch auf die Schließhaut der sogenannten Spaltöffnung gleichmäfsig ab.

## Zweiter Abschnitt.

### Befruchtung und Entwicklung des Embryo der Nadelhölzer.

Im dritten Hefte meines Lehrbuches der Pflanzenkunde habe ich die vollständige Entwicklungsgeschichte des Embryo der Zapfenbäume, Tab. 25, Fig. 1—30 dargestellt und eine Reihe von Thatsachen mitgetheilt, die gewichtige Einwürfe gegen die Schleidenschen Ansichten enthalten. In meiner Befruchtungstheorie habe ich auf jene Arbeit verwiesen.

Ohne meiner Beobachtungen zu gedenken spricht Herr Schleiden Bd. II. S. 374 der Grundzüge seine Meinung über die Befruchtung dieser Pflanzen dahin aus, dafs auch hier es der Pollenschlauch sei, welcher in seinen äufsersten durch Zellenbildung verästelten Enden den Embryo entwickle. Wie wenig derselbe dieser merkwürdigen Pflanzengruppe bis jetzt seine Aufmerksamkeit zugewendet hat, geht schon daraus hervor, dafs ihm die wesentlichen Unterschiede im Entwicklungsverlaufe des Keims der Abietineen und dessen der Cypressen und der Gattung *Taxus* gänzlich unbekannt sind!

Diese Unterschiede sind aber im Wesentlichen folgende:

Bei den Abietineen, und zwar bei allen heimischen Gattungen derselben, bilden sich in der Spitze des Endospermiums drei im Dreieck stehende eiförmige Zellenhöhlen, bei den Abietineen mit mehrjähriger Samenreifezeit umgeben von concentrisch geordnetem Zellgewebe abweichender Form und Gröfse. Eine Ausmündung dieser Höhlen in die Kernhöhle habe ich nie gesehen. In diesen drei Höhlen bildet sich das Zellgewebe, aus welchem später die Embryo-Träger entstehen, nachdem durch Zellenresorption die oberen Scheidewände der drei Zellennester mit der Axenhöhle zusammengefloffen sind. Die Embryo-Träger sind hier stets einzeln, 8—12 an Zahl, und jeder einzelne zeigt die ersten Zellen eines Embryo an seiner Spitze. Ich muß in Bezug auf diesen Verlauf mich auf die a. a. O. gegebenen erläuterten Abbildungen beziehen.

Ganz anders ist der Entwicklungsverlauf bei *Thuja*, *Cupressus*, *Juniperus* und *Taxus*. Wie bei *Phaseolus* und vielen andern Pflanzen der ganze Embryosack zur Kernspitze hinauszüchelt, so entwickelt sich hier nur eine Zelle in der Spitze des mit Zellgewebe erfüllten Embryosackes zu bedeutender Gröfse, schnürt sich ab (ob vollständig und immer?) und wächst nach aufsen in das Zellgewebe der Kernspitze hinein, während sie auf der entgegengesetzten Seite den zelligen Theil des Embryosackes zu einer Einstülpung zurückdrängt (Fig. 23 a. Embryosack, b. Keimzelle), der seinerseits die eingestülpte Keimzelle immer höher hinauf überwächst (Fig. 24). Der in die Kernspitze hinaufgedrängte Theil der Keimzelle begegnet hier dem von aufsen eindringenden Pollenschlauche (bei c.). Die Enden beider legen sich aneinander und verwachsen so fest, dafs man sie an glücklich herauspräparirten Objekten gewöhnlich noch zusammenhängend erhält.

In Folge der Vereinigung des Pollenschlauches mit der Keimzelle entstehen in dem eingestülpten Ende letzterer Zellen, die, dasselbe ganz ausfüllend, sich durch Dickhäutigkeit und durch höchst feinkörniges Stärkemehl auszeichnen (Fig. 25 a.). Ist das Zellgewebe der Einstülpung zur Reife gediehen, so zerplatzen die umhüllenden Häute (Fig. 26. Es ist diese Figur nicht wie Fig. 23 und 24 schematisch, sondern getreu der Natur nachgezeichnet, sogar bis auf die Zahl und Form der Hautfetzen.). Das frei gewordene Zellgewebe erscheint jetzt in sofern verändert, als die einzelne Zelle, wie ich weiterhin zeigen werde, durch Resorption der

äußeren Ablagerungsschichten, dünnhäutig, deren Inhalt fast gestaltlos zerflossen und durch Jod eine braune Farbe erhaltend sich zeigt. Aus diesen Zellenhaufen wachsen nun die Embryo-Träger hervor (Fig. 26 a.) und in die im Umfange der Einstülpung schon früher entstandene Höhle des Endospermiums hinein. (Fig. 24 habe ich die Lage derselben durch eine Punktlinie angedeutet.) Merkwürdig ist es, daß hier immer vier Embryo-Träger sich zur gemeinschaftlichen Stütze eines Embryo vereinen (Fig. 27 a. b. c. d. und e. f. g. h.). Mitunter abortiren ein, auch wohl zwei Schläuche (a.), mitunter ist einer derselben, wahrscheinlich Folge äußerer Gewalt, vom Bündel losgetrennt (h.).

Solcher zusammengesetzter Embryo-Träger finden sich 2—3 in einem Eie. Die Schläuche sind nicht untereinander verwachsen, sondern adhären nur so, daß sie sich durch gelinde Pressung zwischen Glastafeln leicht von einander trennen.

Die Bildung und Entwicklung des Embryo selbst ist hier dieselbe wie bei den Abietineen (vgl. Lehrb. d. Pflk. III. Tab. 25).

Diese wesentlichen Unterschiede im Entwicklungsverlaufe der Abietineen und der Cypressen hat Herr Schleiden nicht entdeckt, obgleich er S. 360 behauptet, an *Larix europaea*, *Abies pectinata*, *alba*, *excelsa*, *Pinus sylvestris*, *uncinata*, ferner an *Taxus baccata*, *Juniperus communis*, *sabina*, *virginiana*, *Thuja orientalis*, *Callitris quadrivalvis*, den Pollenschlauch vom Pollenkorne bis zur Samenknospe in ununterbrochener Continuität öfter völlig isolirt zu haben. Wie das geschehen konnte, ohne auf jene Unterschiede aufmerksam zu werden, ist mir unerklärlich!!

Aus der Unbekanntschaft mit jenen Abweichungen erklären sich die Fehler, Lücken und die Unsicherheit in der Darstellung des Entwicklungsverlaufes der Nadelhölzer S. 375 der Grundzüge, wo Herr Schleiden überall *Abies* und *Taxus*, *Juniperus* und *Abies* confundirt.

Der gewichtigste Einwurf, welcher hieraus gegen die Ansichten des Herrn Schleiden erwächst, ist, daß sich bei *Pinus* stets drei Keimzellen im Endospermium bilden, auch da, wo nachweisbar nur ein Pollenschlauch in die Kernspitze eingedrungen ist, daß hingegen bei den Cypressen und bei *Taxus* stets nur eine Keimzelle sich bildet, die Zahl der Pollenkörner und Schläuche auf der Kernspitze mag groß oder klein sein. Wäre die Keimzelle Pollenschlauch, so müßte bei *Pinus* nothwendig eine Verästelung des letzteren schon in der Kernspitze, oder in dem Raume zwischen dieser und dem Endospermium vor sich gehen, und das würde Herrn Schleiden (ich will meiner eigenen widerlegenden Beobachtungen gar nicht gedenken), der schon öfter den Pollenschlauch von *Pinus sylvestris*, *uncinata* etc. bis zur Samenknospe in ununterbrochener Continuität isolirt hat, gewiß nicht entgangen sein.

## Dritter Abschnitt.

### Befruchtung der Campanulaceen.

In der Einleitung zu meiner Befruchtungs-Theorie p. 3 habe ich mit Bezug auf die Schleidenschen Beobachtungen einer Entwicklung des Embryo im Inneren des Pollenschlauches gesagt: „daß, wenn in einem einzigen Falle mit Bestimmtheit nachgewiesen werden könne, daß sich im Pflanzeneie ein Embryo ohne Zutritt des Pollenschlauches bilde, dieser eine Fall zur Beseitigung einer Theorie genüge, die sich auf die Annahme gründe, daß in allen Fällen der Befruchtung die Schläuche des Blumenstaubes bis zum Ei gelangen.“

Herr Schleiden stimmt in dieser Ansicht mit mir vollkommen überein (p. 371).

Bei den Campanulaceen habe ich einen solchen Fall unumstößlicher Gewißheit aufgefunden. Es ist dies das von mir beobachtete Eingehen der Pollenkörner in die eingestülpten Griffelhaare. Es ist nicht wahr, wenn Herr Schleiden sagt, daß ich eine schon seit Sprengel bekannte Sache als neue Beobachtung zur Sprache gebracht habe, denn Sprengel hatte nur die Einstülpung der Haare und nicht das Eingehen der Pollenkörner in die Haarhöhlen gesehen, was natürlich das Wesentliche an der Sache ist; es ist nicht recht von ihm gethan, daß er diesen wesentlichen Theil meiner Beobachtung seinen Lesern verbirgt und ihnen die Sache so vorstellt, als habe auch ich nicht mehr als das Eingehen der Griffelhaare gesehen.

Es ist durchaus unmöglich, daß Herr Schleiden das Wesentliche der Beobachtung, das Eingehen der Pollenkörner in die Haarhöhlen, übersehen konnte, denn außer der sehr ausführlichen Beschreibung des Vorganges in allen seinen Einzelheiten, ist derselbe durch vier Abbildungen versinnlicht. Durch die, wie man anzunehmen gezwungen wird, absichtliche Verheimlichung der Thatsache vor seinem Publikum schadet Herr Schleiden seiner Sache mehr als durch offenes Zugeständniß selbst ohne alle beseitigende Einwendungen.

Es ist dies nicht der einzige Fall der Verheimlichung des Wesentlichen meiner Beobachtungen. S. 328 spricht Herr Schleiden über die von mir an den Narbenpapillen beobachteten verschiedenen Häute, übergeht aber das geschilderte Eindringen der Pollenschläuche ganz mit Stillschweigen. Dasselbe Verfahren läßt er sich in Bezug auf das über *Viola*, *Oenothera*, *Tulipa*, *Mirabilis*, *Capsella* etc. Bekanntgemachte zu Schulden kommen, was doch in der That mehr als Zufall sein muß.

Ich will hier ein Verfahren mittheilen, durch welches jeder Beobachter, allein schon vermittelt einer guten Doppel-Lupe, diese merkwürdige Erscheinung beobachten kann. Man entnehme der Blüthe einer Glockenblume — von *Campanula Trachelium*, *ranunculoïdes* oder *Medium* — zur Zeit, wenn die Griffelhaare gänzlich verschwunden sind, den Griffel, säubere denselben in Wasser von allem etwa noch daran hängenden Blütenstaub, trenne ihn der Länge nach vermittelt eines Rasirmessers in zwei Hälften und lege diese mit der runden Seite nach unten gekehrt auf eine Glasplatte. Giebt man dann dem Objecte einige Tropfen so wenig verdünnter Schwefelsäure, daß das Zellgewebe des Griffels erweicht, aber nicht die Oberhaut angegriffen wird, entfernt man das von der Schwefelsäure aufgeweichte Zellgewebe durch den Druck einer aufgedeckten Glastafel, so erhält man die unzählige Menge eingestülpter Griffelhaare unverletzt mit ihrem reichlichen Polleninhalt zur klaren Ansicht. In diesem Augenblicke liegt mir ein so präparirtes Object von *Campanula Trachelium* vor, an welchem ich auf der Fläche einer Quadrat-Linie über 500 in den Haarsäcken liegende Pollenkörner zähle, bis 14 in einem einzelnen Sacke. Es wäre gewiß noch viel verwerflicher als das gänzliche Ignoriren des Vorganges, wenn man denselben als zufällig und Nichts bedeutend ansprechen wollte, und deshalb mag auch wohl Herr Schleiden dem Ersteren den Vorzug gegeben haben.

Die Griffel gar vieler Blüten sind behaart, aber so viel mir bekannt ist, zeigt sich, außer bei sämtlichen Campanulaceen, diese so höchst merkwürdige Haarform nirgends, auch nicht an der Behaarung anderer Pflanzentheile. Sowohl die Haarform als der merkwürdige Vorgang des, wie ich gezeigt habe, sogar mit bedeutendem Kraftaufwande vollzogenen Einziehens der Pollenkörner, kommen, so scheint es, im ganzen Pflanzenreiche nur einmal vor, und kein Naturkundiger kann auf den Gedanken kommen, daß dies Alles ganz zwecklos sei. Das wäre aber mit den Griffelhaaren der Glockenblumen der Fall, wenn sie nur da wären, um durch ihr Einkriechen in den Griffel den an ihnen hängengebliebenen Blumenstaub „lose den Winden und Insekten preis zu geben“, was gewiß viel einfacher durch den gänzlichen Mangel der Behaarung erreicht sein würde, abgesehen davon, daß im Gegentheil der Blumenstaub den Winden und Insekten dadurch entzogen wird!

Auf meine Bitte hat Herr Apotheker Mühlenpfort hierselbst im vorigen Sommer Versuche an Campanulaceen in der Art angestellt, daß er vor dem Auseinandertreten der Narbenarme diese gänzlich abschnitt. Es hat derselbe von solchen Blüten keimfähigen Samen erhalten. Gewiß wäre es recht wünschenswerth, daß von verschiedenen Beobachtern recht viele derartige Versuche angestellt würden.

Ich kann Herrn Schleiden die Versicherung geben, daß Niemand empfänglicher für wissenschaftlich begründete Widerlegung ausgesprochener Ansichten sein kann, als ich es bin, daß ich mich frei fühle von kleinlicher Beharrsucht auf eigene Meinung, die ich für Versündigung an der Wissenschaft halte, wenn sie länger dauert, als der gute Glaube; ich kann sogar versichern, daß ich mich freuen würde, wenn es Herrn Schleiden gelingen sollte, die von mir erhobenen Einwürfe zu beseitigen, da, wie ich schon früher erklärte, die aus den entgegenstehenden Beobachtungen entwickelte Theorie der Pflanzenzeugung viel Ansprechendes hat; ich muß aber auch hinzusetzen, daß der Weg, welchen Herr Schleiden eingeschlagen hat, nicht zu diesem Ziele zu führen vermag.

Wenn Herr Schleiden S. 372 sagt, daß es nicht schwer halte die auf den Narbenpapillen von *Campanula Medium* sich entwickelnden Pollenschläuche in unverletzter Continuität darzustellen, wenn er S. 363 diese Pflanze unter denjenigen aufführt, an deren Blüten er öfter den Pollenschlauch vom Pollenkorn bis zur Samenknope in unterbrochener Continuität völlig isolirt habe, so muß ich gestehen, daß ich



mir, vor dieser Mittheilung, die Möglichkeit solches auszuführen nicht hätte träumen lassen. Auch ich habe öfter Pollenschläuche bis in den Samenmund und bis in die Kernspitze isolirt, das war aber nur in solchen Fällen, wo die Arbeit entweder durch die Kürze des Weges oder durch besondere Lockerheit des leitenden Zellgewebes, immer aber durch Stärke, Festigkeit und Dicke des Pollenschlauches unterstützt wurde. Dafs dies auch an einer Pflanze möglich sei, wo der ungewöhnlich zarte und dünne Pollenschlauch einen fast zwei Zoll langen Weg durch ziemlich gedrängtes leitendes Zellgewebe durchwurzeln mufs, hat mich überrascht.

## Vierter Abschnitt.

### Meine Beobachtungen an *Capsella bursa pastoris* betreffend.

Ich habe einen Fall zur Kenntnifs gebracht, in welchem es nachweisbar die verlängerten Glieder leitenden Zellgewebes und keine Pollenschläuche sind, welche in die Keimöffnung der Eier eingehen. Um das darüber meinen Lesern Gesagte möglichst anschaulich zu machen, habe ich den Ursprung der Schläuche und den Weg, welchen sie nehmen um zur Keimöffnung des Eies zu gelangen, in einer schematischen, körperlichen Abbildung dargestellt. Dabei konnte es mir natürlich gar nicht in den Sinn kommen, die Formen-, Zahlen-, Gröfsen- und Stellungsverhältnisse der Zellen in den Wänden des Fruchtknotens und der Scheidewände desselben genau so darzustellen, wie sie sich in der Natur zeigen. Abgesehen von der Unmöglichkeit dies zu thun, wenn ich nicht allein für diese Darstellung mindestens eine Folio-Tafel verwenden wollte, wäre es für den gerade vorliegenden Zweck total nutzlos gewesen, da ich nur einen Wegweiser zeichnen wollte, wie der Kartenzeichner ein Hirschgeweih zeichnet um die Lage eines Forsthauses anzudeuten.

Auch hier wieder läfst Herr Schleiden seine Leser durchaus in Unkenntnifs meiner Beobachtung nicht mit einer Silbe erwähnt er des Zweckes der Abbildung und verbreitet sich nur des Weitesten über die Nebendinge, in der offenbaren Absicht das verhehlte Wesentliche seinen Lesern, für den Fall hin, dafs sie doch damit bekannt werden, oder sein sollten, zu verdächtigen. Dem Recensenten vom Fach kann man es nachsehen, wenn er auch nach unwesentlichen Mängeln einer ihm vorliegenden Arbeit hascht; er befindet sich seinem Publikum gegenüber in demselben Verhältnifs wie der Calculator zu seiner Behörde, der moniren mufs, wenn er sich in den Ruf eines fähigen Arbeiters setzen will. Beide aber schaden allein sich selbst, wenn sie, bauend auf die Unbekanntschaft ihres Publikums mit dem wahren Sachverhältnifs, Gegenstände als Mängel bezeichnen, die es wirklich und ihrer eigenen Erkenntnifs nach nicht sind. Ist ein solches Verfahren schon in einer Zeitschrift anstößig, um wieviel verwerflicher mufs es dann in einem Lehrbuche erscheinen, dessen Abschluß dem Beschuldigten jede Gelegenheit raubt, den Ungrund der Beschuldigung der Gesamtheit aller Leser des Lehrbuches darzuthun.

Aber auch gänzlich abgesehen hiervon, hat sich Herr Schleiden auch in anderer Beziehung hart gegen S. 91 des ersten Bandes seiner Grundzüge versündigt, und ich weifs in der That nicht, wie ich sein Verfahren mit den dort ausgesprochenen Grundsätzen über wissenschaftliche Redlichkeit in Einklang bringen soll. S. 370 begründet Herr Schleiden sein Urtheil über den Unwerth meiner Beobachtungen darauf, dafs er seinen Lesern erzählt: Zellenformen, wie ich sie Fig. 27 b. an den falschen Scheidewänden von *Capsella* gezeichnet habe, kommen niemals hier vor. Seite 38 meiner Befruchtungs-Theorie habe ich nun ausdrücklich gesagt, dafs die dargestellte Bildung bei *Capsella* niemals, sondern bei *Alyssum incanum* und bei *Camelina* auf den Scheidewänden vorkomme („bei *Camelina* zeigt sich diese Zellenform, welche bei *Alyssum incanum* die ganze Scheidewand bildet, nur an den Rändern und zeigt den Uebergang zu den bei *Capsella* allein vorkommenden buchtigen Zellen Fig. 27 b. c.“). Die geringe Zahl der Leser meiner kleinen Abhandlung, zu denen auch Herr Schleiden gehört, weifs daher sehr wohl, dafs die gegebene schematische Darstellung nichts weiter als eine Andeutung des Vorkommens dieser Zellenform auf den Scheidewänden des Fruchtknotens überhaupt, nicht bei *Capsella*, wohl aber bei anderen Pflanzen sei. Die grofse Zahl der Leser eines die ganze Wissenschaft umfassenden Lehrbuches hingegen bleibt darüber in Unkenntnifs und jede

von denselben unternommene, controlirende Beobachtung an *Capsella*, muß Herrn Schleiden's Angabe und somit auch dessen Urtheil bestätigen.

Eine ähnliche Bewandniß hat es mit den monirten Spaltöffnungen. Ich habe nirgends gesagt, daß dieselben bei *Capsella bursa pastoris* vorkommen, sondern nur die Gattung *Capsella* als solche genannt, bei der sie sich vorfinden. Ich weiß nicht mehr, an welchen Arten ich die Beobachtung machte, brauche das auch gar nicht zu erforschen, denn zufällig finden sie sich auch bei *Capsella bursa pastoris* in solcher Menge und Gröfse, daß sie sich dem flüchtigsten Blicke nicht zu entziehen vermögen. Kann sie Herr Schleiden am jungen Fruchtknoten nicht entdecken, so möge er die Scheidewände eines ausgewachsenen Fruchtknotens isoliren, mit Jodtinktur imprägniren und die Spaltöffnungen werden ihm, bestimmter noch unter Anwendung verdünnter Schwefelsäure, aufs klarste entgegenreten.

Daß Spaltöffnungen nicht genau so aussehen wie Fig. 27 a. dargestellt ist, gebe ich gerne zu; es war aber auch gar nicht meine Absicht, durch deren Darstellung Aufschlüsse über den Bau der Spaltöffnungen zu geben, sondern ich wollte nur auf deren Vorhandensein aufmerksam machen, und da hätte ein Sternchen oder jedes andere, den Spaltöffnungen noch weit weniger ähnliche Zeichen dieselben Dienste gethan. Wie Herr Schleiden die Sache seinen Lesern darstellt, deutet das Gesagte auf meine Unbekanntschaft mit dem Baue der Spaltöffnungen hin. Wollte derselbe diese darthun, warum wandte er dann seine Ausstellungen nicht gegen die, diesen Gegenstand speciell behandelnden, Abbildungen im vierten Hefte des Lehrbuches der Pflanzenkunde?

Herr Schleiden sagt ferner: „die Scheidewand bestehe bei *Capsella* in der Mitte stets nur aus einer Zellenlage, nicht aus zweien“. Unbegreiflich ist es, wie sich Herr Schleiden in einer Streitsache zu einer so unbegründeten Entgegnung leichtfertig hinreißen liefs. Hätte derselbe das gethan, was er von jedem anderen Beobachter mit so großer Strenge fordert, hätte er die Entwicklung des Fruchtknotens studirt, so würde er gefunden haben, daß vor der Bestäubung und in den oberen Theilen des Fruchtknotens auch noch viel später, die Scheidewand aus einer dicken Schicht parenchymatischen Zellgewebes besteht, die, nach dem Lumen der Fruchtknotenöhle hin, beiderseits durch eine einfache Schicht mit einer zarten Cuticula bedeckter Oberhautzellen begrenzt wird. Später, zuerst in den untersten Theilen der Scheidewand, allmählig höher hinauf, wird das die beiderseitige Epidermis trennende Zellgewebe resorbirt, so daß sich die beiden äußersten Zellenschichten unmittelbar aneinanderlegen. Nur da wo die beiden Epidermoidalschichten sich mit der Kapselwand vereinen, bleiben sie stets getrennt und durch das lockere, zwischen den Schichtungen sich verästelnde, Zellgewebe theilweise ausgefüllt. Diesen Entwicklungszustand der Scheidewände stellen die Abbildungen Fig. 26 und 27 dar, und ich muß aufs Bestimmteste bei meinem Ausspruche beharren, daß die Scheidewand in der Mitte stets aus mindestens zwei aneinanderliegenden Zellenschichten besteht. Die Untersuchung ist so leicht, daß jeder Querschnitt des Fruchtknotens allen Zweifel beseitigen wird. Uebrigens ist es mir unbegreiflich, wie Herr Schleiden in diesem Falle überhaupt von einer Zellenlage sprechen kann, die — aus morphologischen Gründen — bei Pflanzentheilen dieser Entwicklungsstufe an und für sich unmöglich ist!

Auf diese leichtfertige und unwahre Berichterstattung gründet nun Herr Schleiden den Ausspruch völliger Unbrauchbarkeit meiner Beobachtungen, den er Seite 329 dahin ausdehnt, daß ich überhaupt noch nicht auf dem Punkte stehe, wesentlich brauchbare Beobachtungen zu machen. Das ist gegen einen Arbeiter, der, während eines zwölfjährigen Zeitraumes, gewiß den dritten Theil seiner gesamten wissenschaftlichen Wirksamkeit phytotomischen Untersuchungen zuwendete, ein sehr harter, beabsichtigter Todtschlag in der Wissenschaft nicht fern stehender Ausspruch, der wohl eine bessere Begründung verlangt hätte. Männern von festbegründetem Rufe, wie Link, Liebig und vielen Andern kann es gleichgültig sein, was Herr Schleiden drucken läßt; mit mir, der ich mir die Anerkennung noch zu erwerben habe, ist das eine andere Sache. Meine Mitarbeiter am Mikroskope werden sich bald und leicht überzeugen können, wer von uns Beiden, ob Herr Schleiden, ob ich in den vorliegenden Streitfragen Recht habe, nicht so der größere Theil des botanischen Publikums; doch lebe ich der Hoffnung, daß erstere es nicht allein billig, sondern auch im Interesse der Wissenschaft finden werden, nach vorurtheilsfreier Prüfung, letzteres mit den Resultaten derselben bekannt zu machen und so die von Herrn Schleiden mir gewordene, meiner Ueberzeugung gemäß, unverdiente Kränkung wissenschaftlichen Ehrgefühls möglichst bald zu heben.

## Fünfter Abschnitt.

### Den Weg der Pollenschläuche zum Pflanzeneie betreffend.

Ich habe in meinen Mittheilungen über Befruchtung der Pflanzen gezeigt, daß eine gemeinschaftliche Oberhaut alle Theile der Narbe, auch die längsten Papillen derselben, überziehe, daß sich diese Oberhaut ununterbrochen von der Narbe in's Innere des Griffelkanals, denselben auskleidend, fortsetze, ebenso von dort aus die Wände der Fruchtknotenöhlung und der Eier, als eine wahre, nicht unterbrochene Cuticula überziehend. Ich habe der Meinung, daß die Pollenschläuche von der Oberfläche der Narbe in's Lumen des Griffelkanals und in den Fruchtknoten frei, also gewissermaßen außerhalb der Pflanze hinabwurzeln sollen, Beobachtungen an *Oenothera*, *Viola*, *Cheiranthus*, *Tulipa*, *Mirabilis* und anderen Pflanzen entgegengestellt, nach welchen der Pollenschlauch, lange vorher ehe er zum Lumen des Griffelkanals gelangt, die Cuticula durchbricht und, in das von derselben eingehüllte Zellgewebe, oft bis zum centralen Gefäßbündel eindringend, im Inneren der Pflanze zur Fruchthöhle hinabsteigt, so daß zwischen ihm und dem Lumen des Griffelkanals die innere Cuticula des letzteren liege.

Ich habe ferner gezeigt, daß das in genannten Fällen vom Pollenschlauche durchwurzelte Zellgewebe durch Auflösung und Erweichung der Eustathe und Astathe zum leitenden Zellgewebe werde, in Folge dessen die Cuticula des Griffelkanals sich von dem erweichten Zellgewebe löse, und in der Mitte zwischen demselben als ein zarthäutiger, durch Expansion der erweichten Astathe des leitenden Zellgewebes zusammengepresster Schlauch der Aufmerksamkeit des Beobachters leicht entgehe. So bei *Viola* und *Tulipa*.

Auch hier läßt Herr Schleiden seine Leser in Unkenntniß des von mir Beobachteten und der darauf basirten Ansichten, stellt aber das Vorhandensein der Cuticula nicht in Abrede, sondern meint, dieselbe sei da, wo sie sich überhaupt bilde, eine von den Papillen und Narbenzellen ausgesonderte Feuchtigkeit, die, an frischen Narben eine zähe, klebrige, fadenziehende Flüssigkeit; erst später zu einer dicken sehr derben Membran eintrockene.

Hier ist nun Herr Schleiden in einem Irrthume, der sich allein aus der ungewöhnlichsten Ueberzeugung eigener Unfehlbarkeit und gänzlicher Mißachtung der abweichenden Beobachtungen Anderer erklären läßt. Eine einzige Untersuchung, in der von mir vorgezeichneten Weise angestellt, mußte ihn von der Irrigkeit seiner Ansicht überzeugen. Ich habe so eben die Blütenknospe von *Cheiranthus Cheirii* in einem Alter vor mir, welches zur Isolirung des Fruchtknotens die Anwendung der Lupe erforderlich macht, in einem Alter, in welchem die Papillen noch nicht über die Narbenfläche emporgetreten sind. Schwefelsäure von bezeichneter Stärke löst den ganzen Zelleninhalt des Fruchtknotens vollständig auf und läßt eine strukturlose Haut als Umhüllung aller äußeren und inneren Theile des Fruchtknotens zurück. Untersucht man hingegen den Fruchtknoten derselben Pflanze einige Tage vor dem Aufblühen, so erkennt man auf's Bestimmteste, daß die Cuticula, durch die über die Narbenfläche hervorgetretenen Papillen emporgehoben, sich als ein zarthäutiger Ueberzug auch über diese verbreitet und ihnen eng angeschlossen hat (vgl. meine Befruchtungs-Theorie Fig. 20).

Die Cuticula ist daher nicht allein schon zur Zeit der Bestäubung vorhanden, sondern sie ist ursprünglich, sie ist die durch Intussusception im Umfange aller jungen Elementarorgane des Individuums fortwachsende Urzelle — Ptychode (vgl. den ersten Abschnitt dieser Abhandl. — Cuticula.).

Der ganze Irrthum des Herrn Schleiden beruht darauf, daß er diesen allerdings zarthäutigen Ueberzug nicht aufzufinden vermag. Daher die Confusion mit einer späteren Bildung auf der Oberfläche der Cuticula, von der ich sogleich sprechen werde. Wahrlich! das feste Beharren auf vorgefaßten Theorien hemmt den Fortschritt der Wissenschaft unendlich mehr, als die Entwicklung vom Bestehenden abweichender Ansichten aus abweichenden Beobachtungen, die Aufstellung neuer Theorien, wogegen Herr Schleiden so heftig zu Felde zieht.

Die Cuticula der Narbe ist Ptychode — ist die primitive Haut der Urzelle des Individuums. Wie an jedem andern Pflanzentheile so auch auf der Narbe bildet sich über der Ptychode die Astathe und Eustathe in einem ursprünglich „zähen, klebrigen, fadenziehenden“ Zustande. Auf der Oberfläche der Narbe ist sie als Narbenfeuchtigkeit längst bekannt. Daß letztere nach vollzogener Befruchtung auf mehreren Narben zu einer braunen bedeckenden Haut erstarrt, also auch hierin ein der Oberhaut-Astathe gleiches Verhalten äußere, ist

sehr wahr; Fig. 11 und 22 meiner Befruchtungs-Theorie weisen solche Fälle nach. Die Herausbildung dieser braunen Ablagerung ist aber sehr örtlich und beschränkt, während die, bei einiger Aufmerksamkeit damit gar nicht zu verwechselnde, Cuticula überall die äussere Grenze der Blüthentheile bildet.

Ob die Fruchthöhle überall nach Aufsen geöffnet sei oder nicht, ist eine ganz indifferente Frage. Denn sehen wir, dass die Pollenschläuche z. B. von *Oenothera* (Fig. 2 der Befruchtungs-Theorie) nach Durchbrechung der Oberhaut frei, d. h. ohne Vorhandensein leitenden Zellgewebes, in das gewöhnlich gestaltete Parenchym der Narben-Arme bis zum Gefäßbündel vordringen, was Herr Schleiden sicher doch nicht in Abrede stellen wird, so muss ihnen gleicherweise diese Fähigkeit auch im Zellgewebe der Fruchtknotenhöhle zugeschrieben werden, dessen, die freie Communication störendes, Vorhandensein für die vorliegende Frage daher ganz bedeutungslos ist.

## Sechster Abschnitt.

### Ernährung der Pflanzen betreffend.

In Liebig's organischer Chemie S. 390 finden sich einige von mir aufgestellte Versuche, welche darthun, dass unter gleichen Verhältnissen Kohlensäure von den Pflanzen aufgenommen wurde, während eine sehr verdünnte Lösung von humussaurem Kali und humussaures Ammoniak nach langer Vegetation unaufgenommen blieb. Seit jener Zeit sind ähnliche Versuche von Unger, Wiegmann und Polstorff mit gleichem Erfolge angestellt worden, während Saussure abweichende Resultate erhielt. Herr Schleiden hält nun S. 469 seiner Grundzüge derartige Versuche für völlig überflüssig: „Hartig konnte eben so gut die Unmöglichkeit der Aufnahme von Kieselerde darthun, wenn er zeigt, dass im aufgelösten Wasserglas kein Moos gedeiht.“ Der Vergleich ist hinkend und nichtssagend; denn erstens kommt aufgelöstes Wasserglas nie in den natürlichen Wirkungskreis der Pflanze, sodann ist noch nie behauptet worden, dass die Pflanze Kieselerde in dieser Verbindung aufnehme. Humussaurer Alkalien hingegen kommen nicht allein überall im Ernährungsraume der Pflanze vor, sondern ihre unmittelbare Aufnahme aus dem Boden ist auch vielfach angenommen worden, und gegen diese Annahme waren meine Versuche gerichtet, vorzugsweise um die Prävalenz atmosphärischer durch die Blätter aufgenommener Nahrungsstoffe darzuthun, über welche ich in einem von mir kurz vorher verfassten Werke: Luft-, Boden- und Pflanzenkunde in ihrer Anwendung auf Forstwissenschaft (erster Band der achten Auflage des G. L. Hartigschen Lehrbuches für Förster) meine Ansichten entwickelt hatte.

Schon früher hat Herr Schleiden (Offenes Sendschreiben an Liebig) sich dahin geäußert, dass die Resultate meiner Untersuchung nicht brauchbar seien, weil nicht überall die Wage bei Bestimmung der quantitativen Veränderungen in Anwendung gebracht sei. Hätte derselbe sich in die Experimente hineingedacht, so würde er gefunden haben, dass bei Bestimmung von Hunderttheilen eines Milligrammes die Wage, welche schon bei einem halben Milligramme unsicher wird, gar nicht benutzbar war. Größere Mengen der dargebotenen, nothwendig höchst verdünnten Salzlösung würden die Ermittlung eines Minimums der Aufnahme durch die Pflanze noch weit unsicherer gemacht haben, während bei Anwendung größerer und älterer Pflanzen nie die vollkommene Ueberzeugung der Unverletztheit bestehen kann. Ein anderer von Herrn Schleiden erhobener Einwand besteht darin, dass ich für die einzelnen Zeiten des Tages keine quantitativen Analysen vorgenommen hätte; die humussaurer Salze könnten während der Dauer des Versuches von der Pflanze aufgenommen und wieder in die Flüssigkeit ausgeschieden sein (!!). Das ist doch in der That weit hergeholt! Meint Herr Schleiden, dass die humussaurer Salze von den Wurzeln unzersezt aufgenommen und, wie Mundwasser, unzersezt der Flüssigkeit wieder zurückgegeben worden seien, so wäre dies ja ein völlig zweckloser Vorgang; meint er aber, dass eine Zersetzung der humussaurer Salze bei der Aufnahme oder im Inneren der Pflanze Statt gefunden habe, so ist doch in der That kein Grund zu erkennen, weshalb die Elemente des humussaurer Salzes bei ihrem Rücktritt in die Flüssigkeit grade wieder zu humussaurem Salze zusammentreten sollen.

Schließlich nun noch ein Paar Worte über einige Aeußerungen und Beschuldigungen des Herrn Schleiden, die sich nicht auf die Pflanze, sondern allein auf meine Arbeiten beziehen.

Zuerst tadelt es Herr Schleiden, daß ich meinen Mittheilungen über Pflanzenbefruchtung den gewählten Titel gegeben habe, daß ich eine neue Theorie aufgestellt habe „statt, unbefangen und sicher, beobachtete Thatsachen mitzutheilen“. Daß Thatsachen mitgetheilt wurden, läßt sich doch nicht in Abrede stellen, daß sie sicher ausgedrückt wurden, dafür bürgen die gegebenen Abbildungen, und ob sie unbefangen mitgetheilt wurden, das kann nur ich allein beurtheilen. Was den Titel betrifft, so möchte ich wohl fragen, was Herr Schleiden denn wohl unter Theorie versteht? In der wörtlichen Uebertragung Beobachtung, Untersuchung, sowohl mit dem körperlichen als mit dem geistigen Auge, bezeichnend, beschränken wir den Begriff gewöhnlich auf geistige Anschauung. Verlangt denn Herr Schleiden Mittheilungen nur vom körperlichen Auge geschauter Gegenstände? verlangt er, daß der Beobachter sich bei seinen Betrachtungen und Darstellungen aller geistigen Anschauung entäußern, oder die Mittheilung derselben unterlassen solle? Das würde in der That ein elendes Machwerk werden!

S. 378 äußert sich Herr Schleiden mit Bezug auf seine Ansichten über Bildung des Embryo aus dem Pollenschlauche folgendermaßen:

„Soll aber ferner die Wissenschaft wirklich sicher fortschreiten, so müssen fernerhin alle keck ausgesprochene Phantasien, ohne gründliche Kenntniß der Vorgänger auf einige unvollkommene Beobachtungen gestützt, völlig ausgeschlossen bleiben.“

Daß meine Beobachtungen an Campanulaceen, Abietineen, Cupressineen, Coniferen etc. vollkommener und begründeter sind als dies von Herrn Schleiden seinen Lesern dargestellt wurde, hoffe ich in Vorstehendem erwiesen zu haben. Was den mir so oft gemachten Vorwurf eines Mangels gründlicher Kenntniß der Arbeiten meiner Vorgänger betrifft, so denke ich, daß grade die Darlegung vom Bestehenden abweichender Ansichten und die Bezeichnung derselben als abweichend, der schlagendste Beweis ist, daß meine Unkunde so groß nicht sei, als Herr Schleiden angiebt. Daß ich in diesem Punkte hinter ihm zurück stehe gebe ich gerne zu. Da mich, als Forstmann, alle Zweige der Naturkunde in gleichem Maasse berühren, da mir außerdem kameralistische, juristische und mathematische Studien neben meiner weitschichtigen Forstwissenschaft obliegen; da neben dem Lehrstuhle auch Verwaltungsgeschäfte einen Theil meiner Zeit in Anspruch nehmen, so würde es ungerecht sein, an mich, der ich mir die dringend nöthige Begründung forstwirtschaftlicher Erfahrungssätze auf Kenntniß der die Bodenproduktion constituirenden Körper und Kräfte zum Ziele meines Strebens gestellt habe, dieselben Anforderungen in jedem der vielen Zweige meines wissenschaftlichen Wirkens zu stellen, denen ein Professor der Botanik in einem derselben durchaus entsprechen muß.

Uebrigens meine ich, daß Widerspruch, er mag sich als begründet erweisen oder nicht, nie dem sicheren Fortschreiten der Wissenschaft entgegenwirkt, am wenigsten, wenn er einem Gegenstande zugewendet ist, der unter den Zeitgenossen so rüstige Verfechter besitzt als Herr Schleiden es ist. Widerspruch muß erhoben werden, wo abweichende Beobachtungen abweichende Ansichten erzeugten; Widerspruch, zu bestätigen den Forschungen anregend, fördert die Wissenschaft mehr als das einschläfernde Concediren. Bestätigungs-Forschungen sind aber Mutter der meisten Gebiets-Erweiterungen dadurch, daß sie den nach neuen Stützen suchenden Forscher auf die höchste Staffel, an die äußerste Grenze seiner wissenschaftlichen Erkenntniß stellen; jede Untersuchung behufs Entscheidung einer vorliegenden Streitfrage, wird mit erhöhter Sorgfalt und Aufmerksamkeit durchgeführt. Nur Furcht vor dem Untergange einer Lieblings-Idee vermag dem Widerspruch in der Wissenschaft ein Verbannungsurtheil zu sprechen. Wahrheit braucht den Widerspruch nicht zu scheuen!

## Nachtrag.

### Die Befruchtung der Glockenblumen betreffend.

Ich kann jetzt, in Folge eigener Beobachtung, auf's Bestimmteste berichten, daß die Befruchtung der Campanulaceen durch die Hinwegnahme der geschlossenen Narbe nicht verhindert wird. Im Laufe des Sommers habe ich aus einer großen Zahl der Blüthen von *Campanula Thalictrum* die noch ungeöffneten Narben, ungefähr 1—1½ Linien unter dem Anfang der Spaltung ausgebrochen. (Die auf diese Weise verstümmelten Blüthen wurden dadurch bis zur Samenreife dauernd kennbar gemacht, daß ich von jeder die Spitzen dreier Kelchblättchen abschnitt.) Sogleich nach der Verletzung dringt aus der Wunde des Griffels Milchsaft hervor, der auf der Schnittfläche rasch zu Kautschouk erhärtet, wodurch einestheils der Zutritt der Luft und die Verdunstung, dadurch das Absterben des Griffels verhindert, andertheils aber auch die Möglichkeit des Zutrittes von Pollenschläuchen zum Griffelkanale absolut aufgehoben wird. An den verstümmelten Griffeln erfolgte das Einstülpen der Haare und das Einziehen der Staubbälle in durchaus normaler Weise, die Fruchtknoten blieben im Wuchse hinter denen der unverletzten Blüthen nicht zurück, der Same entwickelte sich vollkommen und in der gewöhnlichen reichen Zahl; einige Dutzend untersuchter Samenkörner enthielten ohne Ausnahme den vollkommen ausgebildeten Embryo. Die einzige mögliche Einwendung bliebe nur noch, daß die Ballschläuche von den Haarhöhlen aus ihren Weg in's Innere des Griffels fänden; die sorgfältigsten diesem Punkte zugewendeten Forschungen haben mir nichts, diese Annahme Unterstützendes gezeigt.

Braunschweig, im September 1843.

*Th. Hartig.*



# Erklärung der Figurentafel.

**Fig. 1.** Schematische Darstellung der herrschenden Ansicht über den Bau der Pflanzenzelle.

*a* die ursprüngliche äußerste Zellhaut, der äußersten Zellhaut der Nachbarzellen unmittelbar anliegend; daher von letzteren durch eine einfache Trennungslinie *f* geschieden.

*b* im Inneren der ursprünglichen Zellhaut sich allmählig bildende Ablagerungsschichten.

*g* die innerste einfache Grenzlinie dieser Ablagerungsschichten.

*e* zwischen den Zellen sich ablagernde Interzellular-Substanz.

*h* die Interzellular-Substanz auf die Oberfläche der äußersten Zellschicht ergossen und zur Cuticula erhärtet.

**Fig. 2.** Schematische Darstellung meiner, vom Bestehenden abweichenden Beobachtungen.

*a* gleichmäßig wie in Fig. 1. bezeichnet, ist die ursprüngliche Zellhaut der Phytotomen. Meinen Beobachtungen zu Folge zeigt sie sich an allen dickwandigen Zellen zwischen je zwei derselben nicht durch eine mittlere Trennungslinie getheilt (Fig. 1 *f*), sondern als eine homogene zwischen die Zellen ergossene Kittmasse. Wo drei Zellen aneinander stoßen, tritt, jedoch nicht immer, eine Trennung dieser Substanz zu Interzellular-Räumen hervor (Fig. 2 *d*).

*b* gleichmäßig wie in Fig. 1 bezeichnet, sind die inneren Ablagerungsschichten nach der herrschenden Ansicht.

*c* eine die innerste Grenze der sogenannten Ablagerungsschichten bekleidende Haut; bisher übersehen, meinen Beobachtungen zu Folge die ursprüngliche Zellhaut, den ursprünglichen Zellhäuten der Nachbarzellen ursprünglich anliegend, später geschieden, durch Ablagerung der trennenden Substanzen auf ihre Außenfläche. Ich habe im Texte *a* die Eustathe, *b* die Astathe, *c* die Ptychode genannt, in sämtlichen Figuren 1—22 der Tafel, jene Schichtungen mit denselben Buchstaben bezeichnet. Ueber die chemische Verschiedenheit dieser drei Schichten handelt der Text.

*d* ein offener Interzellular-Raum.

*e* ein mit Interzellular-Substanz gefüllter Interzellular-Raum.

*m* Interzellular-Raum fehlend.

*f g h* Oberhaut (*cuticula*) der Pflanzen im ausgebildeten Zustande. Meinen Beobachtungen gemäß die im Umfange der Pflanze durch Intussusception fortwachsende Urzelle; wie jede andere Zelle ursprünglich aus einer höchst zarten Innerhaut (Ptychode) *h*, bestehend, die später die Substanz der Astathe *g*, und der Eustathe *f* auf ihrer Oberfläche abscheidet.

*p* sogenannte Spaltöffnung, zur Erläuterung dessen, was ich im ersten Abschnitte über das Geschlossensein der Oberhaut gesagt habe. Die unter den Spaltzellen befindliche Lücke im Zellgewebe zeigt eine freie Eustathe-Ablagerung über der Oberfläche der begrenzenden Zellen.

**Fig. 3.** Querschnitt einer Holzfaser aus *Taxus baccata*: *a* Eustathe, *b* Astathe, *c* Ptychode, letztere durch den Schnitt an einigen Stellen von der Astathe gelöst; *d* Interzellular-Raum, *m n* Eustathe-Tipfel. Die Zeichnung ist naturgetreu bis auf die etwas zu dick dargestellte Eustathe (vgl. Fig. 6.).

**Fig. 4.** Querschnitt einer Bastfaser von *Taxus baccata*. *m* die körnige Ptychode der ursprünglichen Zelle; *n* die Innenfaser.

**Fig. 5.** Lebenssaft-Gefäß aus *Euphorbia*. *b* Astathe, *c* Ptychode.

**Fig. 6.** Querschnitt einer Holzfaser aus *Taxus baccata* nach der Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure.

Die Astathe *b* hat sich ausgedehnt und die, dieser Dehnung nicht gleichmäßig unterworfenen Ptychode *c* zu Compressionsfalten zusammengeprefst. *a* die unveränderte Eustathe.

**Fig. 7.** Schematische, körperliche Darstellung der Seitenansicht des in Fig. 3. zwischen den drei Sternchen liegenden Stückes einer Holzfaser von *Taxus baccata*, vom Doppelstern aus gesehen. Bedeutung der Buchstaben wie in Fig. 3. Zweck der Darstellung die Versinnlichung der Spiral- und Ringfaser-Bildung durch Faltung der Ptychode.

**Fig. 8.** Zellgewebe aus der Bildungsschicht der grünen Rinde vom Blattstiele der Platanen, durch Einwirkung der verdünnten Schwefelsäure verändert. Es ist dies ein Fall, wo, wie man zu sagen pflegt, die Zellen als Löcher in einer homogenen sulzigen Masse erscheinen. Diese sulzige Masse *bb* ist nichts Anderes als die zwischen den ursprünglichen Zellhäuten (Ptychoden) *cc* abgelagerte Astathe. Da eine die Astathe jeder Zelle umgebende trennende Eustathe entweder gänzlich fehlt, oder nur örtlich und meist nur die Lumina der Interzellularräume bekleidend (*a d*) oder über der Oberfläche der die Lücken des Zellgewebes (*g*) begrenzenden Zellen *mm*, so weit diese mit der Luft der Lücken in Berührung stehen, ausgebildet ist *a'*, so scheint die Astathe benachbarter Zellenwände ineinander zu fließen und einen homogenen Teig, eine gemeinschaftliche verfloessene Kittmasse zu bilden; in der That erkennt man aber die einer jeden Ptychode angehörende Astathe-Portion auf Querschnitten *in*, die sechsseitige Form der Zellen bezeichnenden Schattenlinien. Die durch Schwefelsäure erfolgende Sternform der Zellen-Lumina wie solche die Abbildung zeigt, entsteht allein dadurch, daß die Ptychoden der Nachbarzellen an den Vereinigungsstellen vereint bleiben, während sie an allen übrigen Stellen durch die sich ausdehnende Astathe-Substanz auseinander und in das Lumen der Zelle hineingedrängt werden. Es ist dies durchaus derselbe Vorgang welcher beim natürlichen Verlaufe der Astathe-Ablagerung die Verlängerung des Tipfelkanals vermittelt — künstliche Tipfelkanal-Bildung.

**Fig. 9. 10. 11.** Schematische Darstellungen, meine Ansichten über Bildung der Tipfel und der Tipfelkanäle betreffend. Es hat bisher noch kein Phytotom den Versuch gemacht zu erklären, warum der, der Annahme nach, den inneren Wänden der Zelle sich anlagernde Verdickungsstoff von den oft unendlich kleinen Tipfelstellen zurückbleibe, fortdauernd selbst da, wo der Tipfel zu einem sehr langen, oft bis nahe dem Centrum der Zelle verlängerten Tipfelkanal heranwächst; warum stets je zwei und zwei Tipfelkanäle benachbarter Zellen correspondiren (Fig. 12 *oo*.) und warum die correspondirenden Tipfelkanäle benachbarter Zellen stets gleicher Größe sind (Fig. 12 *nn*, *oo*.). Meine Theorie der Zellenentwicklung löst diese Probleme auf die einfachste Weise. Die einfachen ursprünglichen Zellhäute liegen ursprünglich dicht aneinander, Fig. 9, und vereinigen sich an mehr oder weniger, größerer oder kleineren Tipfelstellen. Wenn zwischen den beiden Nachbarzellen zuerst die Substanz der Astathe Fig. 10 *b*, dann die der Eustathe Fig. 11 *a* sich ablagert, werden die Ptychoden bis auf die Tipfelstellen auseinander gedrängt, was denn alle die oben erwähnten Erscheinungen zur Folge haben muß.

**Fig. 12. 13. 14.** Markzellen aus dem älteren Marke von *Taxodium distichum* im Querschnitte. Durch Einwirkung verdünnter Schwefelsäure und Jod hat die Substanz der Astathe eine blaue, die der Ptychode und Eustathe eine braungelbe, die Interzellular-Substanz hingegen eine braune Färbung erhalten. Belag für meine Ansicht über Tipfelbildung und Primitivität einer innersten Zellhaut. Die Markzellen von *T. distichum* sind nämlich häufig durch Querscheidewände getheilt Fig. 12. 13. 14 *m*, die ohne allen Zweifel dadurch entstehen, daß zwischen den Ptychoden zweier Zellen, Fig. 12 *p* und *r*, die Ablagerung der Astathe und Eustathe zurückbleibt, wie Fig. 12 *m* zeigt, während zwischen jeder dieser beiden Zellen und ihren anderen Grenz-nachbarn die Ablagerung normal erfolgt, wodurch die beiden Zellen *p* und *r* im ausgebildeten Zustande und im Verhältnisse zu den sie begrenzenden Zellen als eine Zelle erscheinen. In anderen Zellen sieht man Querwände, in denen die beiden Ptychoden durch dazwischen getretene Astathe-Substanz getrennt sind, Fig. 13 *m*; nicht selten dicht daneben andere, wo auch die Astathe durch Eustathe-Bildung getrennt ist, Fig. 14 *m*, in welchem letzteren Falle denn auch regelmäßige Tipfelkanäle in den Querwänden auftreten. Es kann wohl kaum ein sprechenderer Belag für meine Behauptung einer Abscheidung aller Ablagerungsstoffe, nach Aufsen, aufgefunden werden.

**Fig. 15.** Ich habe im Texte die Behauptung aufgestellt, daß



alle Spiralfaserbildung auf Faltungen der Ptychode beruhe, die Ptychoden-Falte selbst, wie der Tipfel, aus Vereinigungsflächen der Ptychoden, jedoch von größerer Verbreitung hervorgehen, die abrollbare Spiralfaser der mehr oder weniger abgeschnürte Wall zwischen zwei ineinander geflossenen spiralg verlaufenden Tipfel-Reihen sei. Um meine Ansichten zu erläutern habe ich die bezeichnete schematische Figur entworfen, die ein Stückchen aus der Wand einer Spiralfaser darstellt, sowohl in der Flächen- als in der Durchschnichts-Ansicht, in welcher letzteren zugleich der Durchschnitt der benachbarten in ihren Vereinigungsflächen correspondirenden Zellwand gegeben ist, der Flächen-Ansicht also nur der rechts von *s z* liegende Theil des Durchschnittes angehört, der links liegende Theil hingegen Durchschnitt der benachbarten Zellwand ist.

Zwischen *k* und *n* fehlt die Eustathe, sie tritt erst von *n* abwärts bei der Bildung des Eustathe-Tipfels zwischen die Substanz der Astaten beider Nachbarzellen.

Von *k*, der einfachen Hautfalte aus, entwickelt sich durch Verkürzung der Vereinigungsflächen, die netzförmige *z*, gestreifte *k* und gestipfelte Faserbildung *f*. Durch Erweiterung der Basis des Tipfels entsteht der einfache Hof-Tipfel *g* und der abrollbare Spiralfaden *lmn*; durch Ineinanderfließen der spiralg geordneten langgedehnten Hof-Tipfel. *a* bezeichnet auch hier die Eustathe, *b* die Astathe, *c* die Ptychode, *o p* einen Eustathe-Tipfel mit den zwischen diesen hervortretenden einfachen Hautfalten, wie solche Fig. 7. zeigt.

Fig. 16—22 sind naturgetreue Abbildungen von Spiralfaser-Durchschnitten, Fig. 16—20 aus dem Blattstiele eines kräftigen Blattes von *Sambucus ebulus*; Fig. 21. aus dem Blattstiele von *Vitis vinifera*, Fig. 22 aus dem von *Acer pseudo-platanus*.

Fig. 23—27. Darstellungen zur Entwicklungsgeschichte des Embryo der Cypressen und von *Taxus baccata*.

Fig. 23. Längendurchschnitt eines Eies von *Taxus baccata*. *dd* die Eihaut.

*f* die Keimöffnung (*micropyle*) in der Spitze derselben. *ee* Kern — *nucleus* —; in seiner Spitze *c* völlig geschlossen, das Zellgewebe durchwurzelt von der nach aufsen wachsenden Keimzelle *b* und dem nach innen sich versenkenden Pollenschlauche *p*, dessen Vereinigung mit der Keimzelle im Zellgewebe des Keimes bei *c* angedeutet ist.

Fig. 24. Derselbe Längendurchschnitt auf einer höheren Entwicklungsstufe; die Eihaut *dd* hinweggenommen. Bedeutung der Buchstaben wie in Fig. 22. Der Embryo-Sack *a* ist größer geworden und über die Keimzelle *b* hinübergewachsen. Der von einer Punktlinie umschriebene Raum *g* bezeichnet die durch Zellenresorption im Embryo-Sacke um die Keimzelle *b* entstehende Lücke, in die später die Embryo-Träger hinaufwachsen.

Fig. 25. Die Einstülpung der Keimzelle (Fig. 24 *b*) in den Embryo-Sack mit dem in ihr gebildeten dickhäutigen mehlführenden Zellgewebe.

Fig. 26. Dieselbe nach dem Zerplatzen der das Zellgewebe einhüllenden Häute. Eine der dadurch frei gewordenen Zellen *a* verlängert sich nach oben zum Embryo-Träger. \*\* ist der untere Theil des vom Embryo-Sacke umschlossenen Endospermiums, zusammenfallend mit \*\* in Fig. 24.

Fig. 27. Die aus den frei gewordenen Zellen Fig. 26 *b* erwachsenen, in die Höhlung des Endospermiums Fig. 24 *g* hinaufgewachsenen Embryo-Träger; je vier und vier aneinander liegend (*abcd* und *efgh*) als gemeinschaftliche Träger zweier Embryonen *i* und *k*.

*m* das ausgesogene Zellgewebe Fig. 26 *b*.

Fig. 28. Schematische Darstellung meiner Ansicht über Bildung des Eustathe-Tipfels.

Fig. 29. Naturgetreue Darstellung einer Reihe von Eustathe-Tipfeln des Kiefernholzes. Der mittlere Kreis der linsenförmigen Räume zeigt sich auf einer Seite durch eine werte Haut (Ptychode) geschlossen (Fig. 28 *b*) auf der entgegengesetzten Seite offen (Fig. 28 *a*).

